



UNIVERSITÀ DI PISA

Dipartimento di Biologia

Corso di laurea Magistrale in Biologia Marina

**Tesi di Laurea**

***I CARATTERI FUNZIONALI DEI SEMI DELLE  
PIANTE PSAMMOFILE***

Candidato:

Khoubeb BOUSSAADA

Relatori:

Prof. Gianni Bedini

Prof.ssa Daniela Ciccarelli

Anno Accademico 2012/2013

## ***INDICE:***

### **RIASSUNTO**

<b>CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.....</b>	<b>PG.1</b>
1.1 L'AMBIENTE COSTIERO.....	1
1.1.1 L'AMBIENTE DUNALE.....	2
1.2 LA VEGETAZIONE: le piante psammofile.....	4
1.3 I CARATTERI FUNZIONALI DELLE PIANTE.....	6

### **CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI.....PG.9**

2.1 DESCRIZIONE DELLA ZONA DI CAMPIONAMENTO.....	9
2.2 DESCRIZIONE DELLE PIANTE STUDIADE.....	10
2.3 ANALISI DEI CARATTERI FUNZIONALI.....	26
2.3.1 MISURA DEL NUMERO DI UNITÀ DI DISPERSIONE (CONTEGGIO).....	26
2.3.2 DIMENSIONI E INDICE DI FORMA DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE.....	27
2.3.3 PESO FRESCO DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE.....	28
2.3.4 CONTENUTO IDRICO E CONTENUTO IN OLI.....	29
2.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI.....	30

### **CAPITOLO 3: RISULTATI..... PG.32**

3.1 CARATTERI MORFOLOGICI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE .....	32
3.2 PRODUZIONE MEDIA DI UNITÀ DI DISPERSIONE PER “RAMET” .....	38
3.3 PESO FRESCO DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE .....	42
3.4 DIMENSIONI E FORMA DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE .....	46
3.5 PERSISTENZA NELLA BANCA SEMI.....	50
3.6 CONTENUTO IDRICO E IN OLI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE.....	53
3.6.1 CONTENUTO IDRICO .....	53
3.6.2 CONTENUTO IN OLI .....	57
3.7 ANALISI MULTIVARIATA DEI DATI.....	59
3.7.1 ANALISI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE SENZA APPENDICI.....	63
3.7.2 ANALISI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE CON APPENDICI.....	66

### **CAPITOLO 4: DISCUSSIONE..... PG.69**

### **CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.....PG.72**

### **BIBLIOGRAFIA**

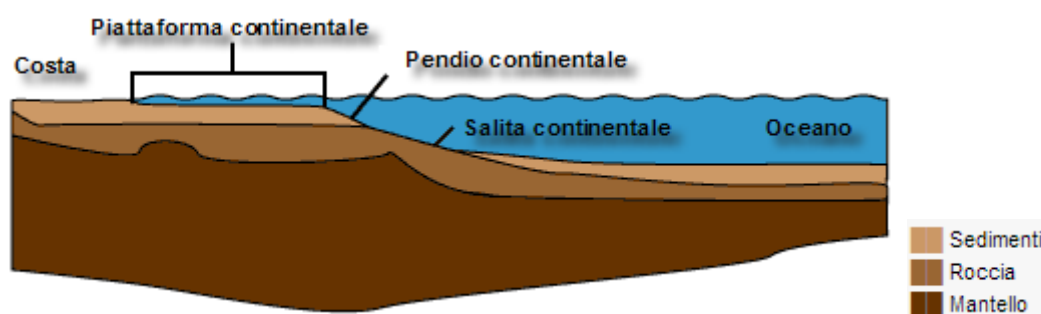
## RIASSUNTO

Le dune sabbiose costiere oltre al loro ruolo ecologico ed estetico rappresentano un ostacolo in grado di contrastare le inondazioni marine e difendere la vegetazione retrostante dall'aerosol salino causato dal moto ondoso. Le dune, la cui perdita è causata dalla pressione antropica, sono essenzialmente stabilizzate e mantenute dalle piante psammofile. Quindi, l'importanza di queste piante ha reso il loro studio necessario per la conservazione di tale habitat. Scopo di questa tesi è stato l'analisi funzionale di alcuni caratteri riproduttivi (numero delle unità di dispersione prodotte per ramet, peso fresco, indice di forma, contenuto idrico, contenuti in oli) delle specie psammofile al fine di chiarire le loro strategie ecologiche di adattamento all'ambiente costiero con la possibilità di identificare raggruppamenti funzionali. Il lavoro è stato svolto nel Parco Regionale di Migliarino - San Rossore - Massaciuccoli (Toscana settentrionale) e ha riguardato 42 specie. In precedenti lavori (Ciccarelli *et al.*, 2009) sono state prese in esame piante della stessa area di studio su cui è stata condotta la mia tesi, con l'analisi, però, di differenti caratteri funzionali. Questo lavoro di tesi è uno dei primi in cui per le piante di questa area sono stati studiati i caratteri riproduttivi sopra elencati. A partire da fine estate 2012 fino a Settembre 2013 sono state effettuate uscite sul campo per la raccolta del materiale vegetativo. È stata effettuata una distribuzione di frequenze per ciascuna variabile in modo da identificare l'andamento generale della popolazione in base alle caratteristiche delle unità di dispersione. Successivamente è stata testata la normalità della distribuzione di frequenze con il Test D'Agostino & Pearson. La matrice specie x caratteri è stata sottoposta ad analisi statistica multivariata attraverso la Cluster Analysis (CA) ed il Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) con l'obiettivo di circoscrivere dei gruppi funzionali che mettessero in evidenza gli adattamenti ecologici delle specie psammofile all'ambiente costiero.

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 L'AMBIENTE COSTIERO

La superficie terrestre è formata da 361130000 km<sup>2</sup> d'acqua equivalente al 71 % della superficie totale del pianeta e da 148940000 km<sup>2</sup> di terra equivalente al 29 %. Queste due componenti del pianeta interagiscono intensamente lungo 1634701 km di linea di costa. Questa ampia distribuzione spiega la grande variabilità delle coste, variabilità presente a diversi livelli: geomorfologico, climatico e dei biomi. La **costa** è definita come la zona che si estende da 100 Km dalla linea di riva tra mare e terra fino ad una profondità di 200 m nella piattaforma continentale (*Fig. 1.1*).



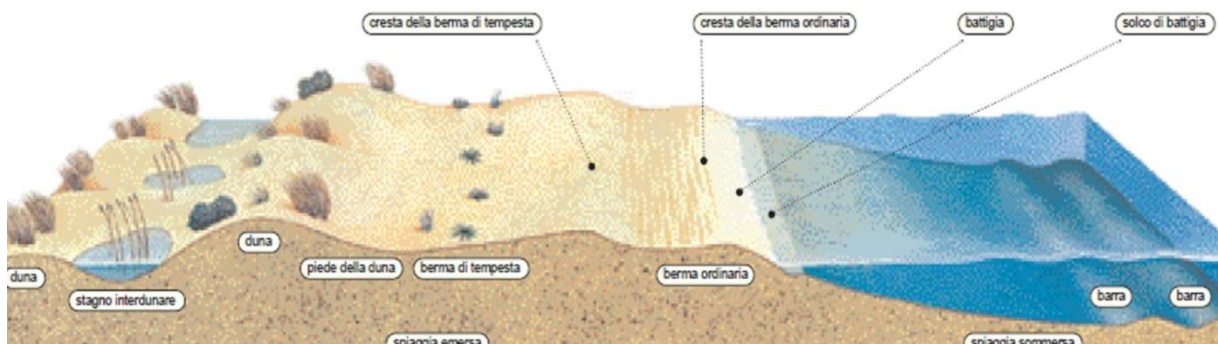
**Figura 1.1.** Rappresentazione della costa e della sua estensione nella piattaforma continentale ([http://it.wikipedia.org/wiki/File:Continental\\_shelf\\_ita.png](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Continental_shelf_ita.png)).

Le coste possono essere formate da substrati molli, possono essere rocciose o scogliere, colline o pianure, strette o larghi ripiani e possono presentare una larga varietà di zone umide (Martinez, 2007). In Italia i tratti sabbiosi rappresentano oltre 3000 dei 7500 km di costa (Audisio et Muscio, 2002). Le spiagge e le dune sabbiose costiere e subcostiere e gli ambienti umidi limoso-sabbiosi retrodunali e litoranei, ad esse spesso associati, rappresentano, su scala mondiale, ecosistemi tra i più vulnerabili e più seriamente minacciati (Audisio et Muscio, 2002). Le spiagge sabbiose sono costituite da sedimenti clastici di origine sia alluviale che marina, aventi una granulometria fine ma non finissima; infatti, le sabbie sono convenzionalmente costituite da frammenti di diametro medio inferiore a 2 mm e quando i granuli hanno un diametro minore, compreso tra 0.06 e 0.04 mm, si parla di silt (= limo). Per diametri minori, si parla di argille e per diametri superiori ai 2 mm, si parla di ghiaie (Audisio et Muscio, 2002). Convenzionalmente, la spiaggia si considera estesa, verso l'interno, fino al

limite raggiunto dalle onde di tempesta, mentre verso il mare la si considera estesa fino ad una profondità pari a circa la metà della media della lunghezza d'onda durante le fasi di mareggiata. Si ritiene, infatti, che lo spostamento delle particelle di sabbia provocato oltre tale profondità dal moto ondoso sia sostanzialmente trascurabile (Audisio et Muscio, 2002).

### 1.1.1 L'AMBIENTE DUNALE

Con il termine di “**duna**” marina si definisce il settore litoraneo o sublitoraneo normalmente stretto e allungato parallelamente alla linea di costa, caratterizzato da rilievi per lo più di modesta entità, la cui elevazione sul mare si aggira tra circa mezzo metro e una dozzina di metri in Italia, salvo qualche eccezione in Sardegna. Questi rilievi sono formati dall'accumulo di sedimenti incoerenti per azione eolica. Le dune sabbiose sono costituite da sabbie più o meno incoerenti, in funzione della vegetazione presente, che è in grado di compattarne almeno parzialmente gli strati più superficiali ed esposti (**Fig. 1.2**).



**Figura 1.2.** L'interfaccia mare - terra in ambienti sabbiosi, con la rappresentazione della spiaggia e delle dune (Audisio et Muscio, 2002).

Il termine “**duna**” deriva dall'olandese e significa semplicemente “piccolo rilievo, collina, altura”. La maggior parte dei sistemi spiaggia-duna più estesi, stabili e complessi si formano in coincidenza di tratti di costa bassa caratterizzata verso l'interno dalla contiguità con più o meno ampie pianure e verso il lato marino dalla presenza di fondali poco profondi (Audisio et Muscio, 2002).

Le dune sabbiose costiere non differiscono sostanzialmente, se non per la loro particolare posizione, rispetto a molti altri tipi di dune, che si sviluppano per lo più nell'interno di ampie masse continentali, in situazioni di elevata erosione eolica del substrato. Si distinguono vari tipi di dune, in funzione della loro disposizione rispetto alla direzione dei venti dominanti. Le dune sabbiose litoranee sono di norma dune trasversali, quindi con disposizione

essenzialmente ortogonale rispetto alla direzione dei venti dominanti, oppure si organizzano in dune paraboliche alle spalle di spiagge e baie sabbiose arcuate. Le dune costiere, a prevalente andamento trasversale, presentano il lato sopra vento (di norma quello sul versante marino) con inclinazione inferiore rispetto a quello sottovento (di norma quello sul versante terrestre) (*Fig. 1.3*).



**Figura 1.3.** Schema di una costa bassa sabbiosa in assenza di fattori di disturbo. Sono stati evidenziati, in alto, l'orientamento dei principali gradienti ambientali e, in basso, la tipica zonazione delle comunità vegetali che si dispongono lungo tali gradienti in ragione dei particolari adattamenti e specializzazioni propri delle specie di ciascuna fitocenosi (Acosta et Izzi, 2007).

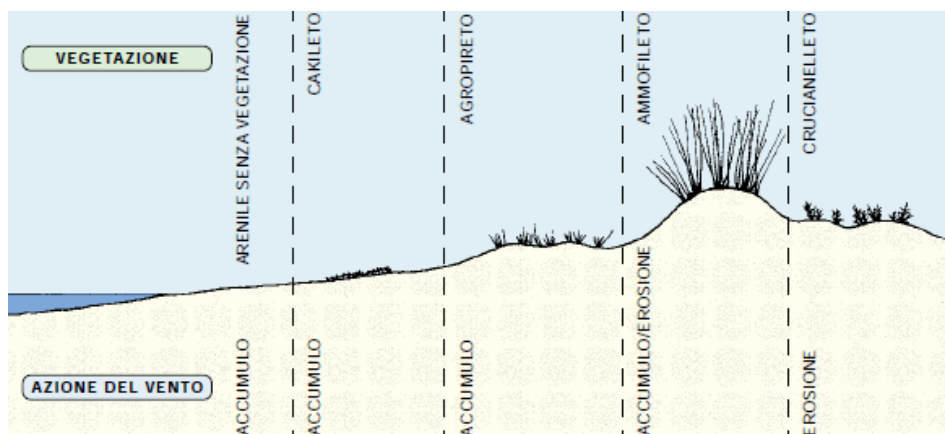
Le dune sabbiose litoranee differiscono dalla maggior parte delle dune mobili degli entroterra continentali essenzialmente per la presenza di vegetazione costiera, che tramite un effetto siepe, ne blocca più o meno efficacemente la potenziale avanzata verso l'entroterra. Esse forniscono un mezzo naturale conveniente per la difesa delle coste, così come una serie di habitat per delle comunità altamente specializzate di specie animali e vegetali (Garcia-Mora *et al.*, 2000).

Il ruolo più importante nella protezione dell'ambiente dunale è svolto dalle piante psammofile, e in particolare dalla vegetazione psammofila pioniera. Essa attecchisce e si consolida, facendo in modo che l'apporto eolico di altra sabbia ne veda l'accumulo e il

consolidamento prevalentemente in siti, condizionando quindi enormemente l'evoluzione geomorfologica della duna stessa. Considerando che la vegetazione può instaurarsi in maniera stabile solo ad una determinata distanza della linea di costa, la genesi di una duna litoranea non può che avvenire con una posizione più o meno parallela alla stessa linea, in alcuni casi solo in parte dipendente dalla direzione dei venti dominanti che trasportano i granuli sabbiosi (Audisio et Muscio, 2002).

## 1.2 LA VEGETAZIONE: le piante psammofile

L'ambiente dunale costiero è al limite delle possibilità di vita vegetale. Infatti, i fattori ecologici principali che influenzano questo habitat sono la salinità, la siccità, il vento, la scarsità dei nutrienti e la mobilità del substrato. Per questo motivo, la flora di questi ecosistemi presenta una grande peculiarità: nessuna specie delle sabbie marine può venire ritrovata negli ambienti continentali e molto rari sono i casi di specie continentali in grado di sopravvivere sulle spiagge (Izzi *et al.*, 2007). Nelle dune costiere del Mediterraneo, le psammofite si organizzano in differenti fitocenosi che si dispongono secondo fasce parallele alla linea di costa, seguendo l'andamento dei cordoni dunali e organizzandosi in base al forte gradiente ambientale spiaggia-entroterra (**Fig. 1.4**).



**Figura 1.4.** Serie della vegetazione in un sistema di spiaggia – duna (Pignatti, 2002).

Lungo le coste italiane possiamo distinguere le principali associazioni vegetali seguenti (Biondi *et al.*, 2009):

1. **Vegetazione annua delle linee di deposito marine:** riferibile all'associazione *Kali tragus* – *Cakiletum maritimae*, costituita essenzialmente da comunità annuali alo-nitrofile.



2. **Vegetazione delle dune embrionali:** riferibile all'associazione *Echinophoro spinosae* - *Elymetum farcti*, nelle aree poco più interne della spiaggia presentano i primi accumuli di sabbia costituita da piante con adattamenti che consentono loro di opporsi, all'accumulo della sabbia trasportata dal vento. La parte aerea di questo tipo di piante risulta poco voluminosa rispetto a quella ipogea, che ha rizomi notevolmente ramificati.
3. **Vegetazione delle dune mobili con presenza di *Ammophila arenaria*:** riferibile all'associazione *Echinophoro spinosae* – *Ammophiletum arenariae*, associazione ben adattata a contrastare efficacemente l'azione del vento e l'insabbiamento grazie a rizomi resistenti e ramificati, importanti per consolidare ed edificare le dune.
4. **Vegetazione delle dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*):** costituita da piccoli arbusti, generalmente camefite, in cui si associano comunemente *Helichrysum stoechas*, *H. italicum*, *Lotus cytisoides* e *Thymbra capitata*.
5. **Vegetazione dei prati dei *Malcolmietalia*:** si tratta della cosiddetta “duna grigia” occupata dalla vegetazione camefitica dell'alleanza *Crucianellion maritimae* e a mosaico con quella terofitica dell'ordine *Malcolmietalia*, situata nel segmento dunale che più facilmente è alterato dall'attività antropica.
6. **Vegetazione delle dune con *Juniperus ssp.*:** l'ulteriore consolidamento della duna porta più internamente alla costituzione di macchie a ginepri proprie delle zone costiere. Tra questi il ginepro coccolone (*Juniperus macrocarpa*) domina la macchia, colonizzando il versante a mare delle dune costiere italiane a bioclima mediterraneo.
7. **Vegetazione delle dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *P. pinaster*:** il settore più interno e stabile del sistema dunale. Sono formazioni raramente naturali. Alle pinete da rimboschimento, ovunque presenti lungo le coste basse sabbiose della penisola e delle maggiori isole italiane, non va infatti necessariamente riconosciuto, in termini ecologici e di protezione degli habitat, un effetto positivo in quanto spesso hanno accelerato i processi erosivi più che rallentarli.

Le *piante psammofile*, tipicamente presenti sui sistemi dunali costieri, sono capaci di sopravvivere alle estreme condizioni ambientali che caratterizzano questo tipo di habitat (Pignatti, 2002). La difficoltà di sopravvivenza in questo ambiente deriva dalla aridità e dal calore. Il calore provoca l'evaporazione dell'umidità contenuta nella sabbia e contribuisce a renderla più secca, d'altra parte, la sabbia si surriscalda proprio per il fatto di essere secca. Invece, la salinità apportata dall'aerosol marino generato dall'azione delle onde non rappresenta la principale fonte di stress.



Le principali forme di adattamento delle psammofite all'ambiente dunale sono le seguenti:

1. **Succulenza**, presenza di parenchimi acquiferi nelle parti aeree della pianta con la funzione di riserva d'acqua (ad es. *Cakile maritima* e *Calystegia soldanella*);
2. **Pelosità**, le foglie ed i fusti giovani sono coperti da un feltro compatto di peli di rivestimento che proteggono la pianta da un'eccessiva traspirazione (ad es. *Achillea maritima* e *Medicago marina*);
3. **Rizomi striscianti sotto la sabbia**, gli apparati radicali vengono sottratti alle temperature troppo elevate della coltre sabbiosa (ad es. *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*);
4. **Radici che si estendono orizzontalmente negli strati superficiali**, formando una fitta rete. In questo modo, l'acqua piovana viene assorbita dalle radici prima di arrivare alla falda salata sottostante.
5. **Foglie coriacee**, una spessa cuticola e pochi stomi limitano la perdita d'acqua per traspirazione (ad es. *Echinophora spinosa* e *Kali tragus*);
6. **Annualità**, la vita della pianta si svolge nel breve periodo invernale – primaverile quando le piogge sono frequenti ed il calore non raggiunge i picchi estivi (ad es. *Cakile maritima*, *Euphorbia peplis*, *Kali tragus*) (Pignatti, 2002).

### 1.3 I CARATTERI FUNZIONALI DELLE PIANTE

È certamente importante riuscire a valutare la risposta della vegetazione alle variazioni ambientali dovute a cambiamenti del clima, della chimica dell'atmosfera, dell'uso del suolo e al disturbo in seguito a fenomeni naturali o di natura antropica. Una modalità alternativa per rispondere a questo tipo di domande ecologiche è rappresentata dalla classificazione delle diverse specie di piante in base alla loro funzionalità. I tipi funzionali di piante (PFT: Plant Functional Types) e le loro strategie possono essere definite come gruppi di specie vegetali che condividono meccanismi simili a livello dell'organismo, che rispondono in maniera simile a fattori ambientali e/o hanno un ruolo (o effetti) simile negli ecosistemi o biomi. Queste similarità si basano sul fatto che queste specie appartenenti allo stesso gruppo funzionale condividono un set di caratteri funzionali chiave. In altre parole, si pensa che differenti tipi funzionali di piante abbiano differenti ruoli per quanto riguarda i processi energetici e di materia negli ecosistemi (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013).

I caratteri funzionali possono essere distinti in “soft”, caratteri rapidamente e facilmente quantificabili e “hard”, che possono essere indicatori più accurati della risposta della pianta o dell’effetto sull’ecosistema, ma che richiedono delle misurazioni più elaborate o strumentazioni più costose (Hodgson *et al.*, 1999). Per esempio, la combinazione del peso fresco e dell’indice di forma, entrambi caratteri “soft”, possono prevedere in buona approssimazione la persistenza del seme (carattere “hard”) in seed bank delle zone temperate (Thompson *et al.*, 1993). I caratteri funzionali possono essere essenzialmente di tipo morfologico, anatomico, fenologico, fisiologico e riproduttivo. Possono riguardare l’intera pianta o alcune sue parti (ad es. foglia, fusto, radice, semi/frutti) (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Nonostante il gran numero di caratteri possibilmente misurati tanti autori considerano che un piccolo numero di caratteri sono considerati universalmente rilevanti perché sono il centro del ciclo di vita della pianta (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Per rappresentare la strategia ecologica di una specie vegetale si ricorre al modello Leaf-Height-Seed (LHS) (Westoby, 1998). Comunque, la selezione dei caratteri da studiare dipende essenzialmente dagli obiettivi della ricerca (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013). In **Tabella 1** viene riportata una lista di caratteri funzionali che possono essere studiati, con la loro unità, la taglia del campione, etc.

**Tabella 1.** Lista dei caratteri funzionali e loro rispettive unità di misura (tratta da Cornelissen *et al.*, 2003).

Variable	Preferred unit	Range of values	Recommended sample size ( <i>N</i> )		Range in CV (%)	Logical combinations	Available literature
minimum preferred							
Traits that can be measured on any plants in the population that meet the trait criteria							
Vegetative traits							
Growth form	cat.		3	5			+
Life form	cat.		3	5			+
Plant height	m	0.01–100	10	25	17–36		+
Clonality	cat.		5	10			+
Spinescence	cat.		3	5			+
Flammability	cat.		5	10			
Leaf life-span	month	0.5–200	3, 12	10, 12	?	a	
Leaf phenology	month	0.5–12	5	10	?	a	+
Regenerative traits							
Dispersal mode	cat.		3	3		b	+
Dispersule shape	unitless	0–1	3, 5	10, 5	?	b	
Dispersule size (mass)	mg	10 <sup>–3</sup> –10 <sup>7</sup>	3, 5	10, 5	?	b	
Seed mass	mg	10 <sup>–3</sup> –10 <sup>7</sup>	3, 5	10, 5	?	b	+
Resprouting capacity	unitless	0–100	5	25	?		+
Traits that may all be measured on the same plant individuals (note that belowground traits of small species are best sampled by whole-plant excavation)							
Leaf traits							
Specific leaf area (SLA)	m <sup>2</sup> kg <sup>–1</sup> (mm <sup>2</sup> mg <sup>–1</sup> )	2–80	5, 2	10, 2	8–16	c	
Leaf size (individual leaf area)	mm <sup>2</sup>	1–10 <sup>6</sup>	5, 2	10, 2	17–36	d	+
Leaf dry matter content (LDMC)	mg g <sup>–1</sup>	50–700	5, 2	10, 2	4–10	c	
Leaf nitrogen concentration (LNC)	mg g <sup>–1</sup>	10–50	5, 2	10, 2	8–19	d	+
Leaf phosphorus concentration (LPC)	mg g <sup>–1</sup>	0.5–5	5, 2	10, 2	10–28	d	+
Physical strength of leaves	N (or N mm <sup>–1</sup> )	0.02–4 (or 0.2–40)	5	10	14–29		
Photosynthetic pathway	cat.		3	3			+
Leaf frost sensitivity	%	2–100	5	10	9–26		
Stem traits							
Stem specific density (SSD)	mg mm <sup>–3</sup> (kg dm <sup>–3</sup> )	0.4–1.2	5	10	5–9	e	+
Twig dry matter content (TDMC)	mg g <sup>–1</sup>	150–850 ?	5	10	?		
Twig drying time	day	?	5	10	?		
Bark thickness	mm	?	5	10	?	e	
Below-ground traits							
Specific root length (SRL)	m g <sup>–1</sup>	10–500	5, 10	10, 10	15–54	f	
Fine root diameter	mm	?	5, 10	10, 10	5–16	f	
Root depth distribution	g m <sup>–3</sup>	?	5	10	?	f/g	
95% rooting depth	m	0–5 (10)	5	10	?	f/g	
Nutrient uptake strategy	cat.		5	10			+

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 DESCRIZIONE DELLA ZONA DI CAMPIONAMENTO



L'area di campionamento è compresa interamente nel Parco Regionale di Migliarino - San Rossore – Massaciuccoli, nella Toscana settentrionale. Più precisamente sono state indagate le piante psammofile caratteristiche dei sistemi dunali sabbiosi che si estendono da Marina di Torre del Lago (Lucca) a Calambrone (Pisa), includendo Marina di Vecchiano, la Tenuta di San Rossore e Tirrenia (**Fig. 2.1**).

Questa zona è caratterizzata da un clima Mediterraneo sub-umido di tipo C2, con una temperatura media annua  $> 15^{\circ}\text{C}$ . La media del mese più freddo (Gennaio) è di  $8.3^{\circ}\text{C}$  e la media del mese più caldo (Luglio) è di  $23.4^{\circ}\text{C}$ . La media annua delle precipitazioni è 800 mm, con il 37.9 % in autunno, il 26.1 % in inverno e soltanto il 13.6 % durante l'estate (Rapetti, 2003).

**Figura 2.1.** Foto satellitare della zona di campionamento (tratta da Google maps).

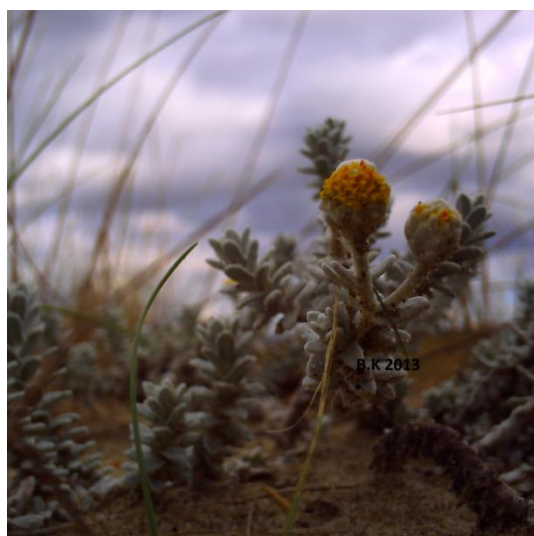
## 2.2 DESCRIZIONE DELLE PIANTE STUDIATE

Nel lavoro di tesi sono state studiate 40 specie di piante psammofile che si trovano comunemente nell'area di studio ed altre 2 specie (*Ononis variegata* e *Pseudorlaya pumila*) provenienti da ambienti simili e non molto distanti dall'area di studio (**Tab. 2.1**).

**Tabella 2.1** Specifiche di campionamento per le unità di dispersione analizzate, con data, luogo della raccolta e famiglia di appartenenza di ognuna delle specie.

n°	Specie	Famiglia	Località	Data di raccolta
1	<i>Achillea maritima</i> (L.) Ehrend & Y.P. Guo	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> H. Lindb	Poaceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
3	<i>Anthemis maritima</i> L.	Asteraceae	Calambrone	28/06/12
4	<i>Anisantha sterilis</i> (L.) Nevski	Poaceae	Bocca d'Arno	02/08/12
5	<i>Cakile maritima</i> Scop	Brassicaceae	Calambrone	06/08/13
6	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem & Schult	Convolvulaceae	Calambrone	21/06/13
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i> (Dc.) Arcang.	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	20/07/13
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	Caryophyllaceae	FMN lato nord	02/08/12
9	<i>Euphorbia peplis</i> (L.)	Euphorbiaceae	Marina di torre del lago	11/10/12
10	<i>Erigeron canadensis</i> (L.)	Asteraceae	Calambrone	03/08/12
11	<i>Cutandia maritima</i> (L.) Barbey	Poaceae	FMN lato nord	02/08/12
12	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Gombo	02/08/12
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i> (L.) Greuter	Asteraceae	San Rossore	22/11/12
14	<i>Echinophora spinosa</i> (L.)	Apiaceae	Calambrone	30/11/12
15	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i> (L.) Nevski	Poaceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
16	<i>Eryngium maritimum</i> (L.)	Apiaceae	Marina di Vecchiano	18/10/12
17	<i>Euphorbia paralias</i> (L.)	Euphorbiaceae	Marina di Torre del Lago	16/10/12
18	<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moensh	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	06/06/13
19	<i>Hypochaeris radicata</i> (L.)	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	01/08/12
20	<i>Lagurus ovatus</i> (L.)	Poaceae	Marina di Vecchiano	25/10/12
21	<i>Limbarda crithmoides</i> (L.) Dumort	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
22	<i>Lotus hirsutus</i> (L.)	Fabaceae	Marina di Torre del Lago	28/06/13
23	<i>Medicago littoralis</i> Rohde	Fabaceae	Marina di Torre del Lago	06/06/13

24	<i>Medicago marina</i> (L.)	Fabaceae	Tirrenia Bagno Europa	28/06/13
25	<i>Odontites lutea</i> (L.) Clairv	Orobanchaceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
26	<i>Oenothera biennis</i> (L.)	Onagraceae	Calambrone	31/07/13
27	<i>Ononis variegata</i> (L.)	Fabaceae	Principina a Mare	09/08/12
28	<i>Pancratium maritimum</i> (L.)	Amaryllidaceae	Calambrone	23/10/12
29	<i>Plantago coronopus</i> (L.)	Plantaginaceae	Bocca d'Arno	02/08/12
30	<i>Polygonum maritimum</i> (L.)	Polygonaceae	Marina di Torre del Lago	16/10/12
31	<i>Pseudorhiza pumila</i> (L.)	Apiaceae	Maremma	09/08/12
32	<i>Lomelosia rutifolia</i> (Vahl) Avino & Caputo	Caprifoliaceae	Marina di torre del Lago	24/09/13
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> L. subsp. landra (DC.) Bonnier & Layens	Brassicaceae	Bocca d'Arno	02/08/12
34	<i>Reichardia picroides</i>	Asteraceae	Calambrone	31/07/13
35	<i>Kali tragus</i> (L.) Roth	Amaranthaceae	Marina di Vecchiano	25/10/12
36	<i>Silene canescens</i> Ten.	Caryophyllaceae	Marina di Torre del Lago	12/05/13
37	<i>Silene otites</i> (L.)	Caryophyllaceae	Marina di Torre del Lago	01/08/12
38	<i>Solidago litoralis</i>	Asteraceae	Calambrone	23/10/12
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i> (L.) Arcang	Lamiaceae	Gombo	02/08/12
40	<i>Verbascum sinuatum</i> (L.)	Scrophulariaceae	Marina di Torre del Lago	03/10/12
41	<i>Vulpia fasciculata</i> (Forssk.)	Poaceae	Marina di Torre del Lago	06/06/13
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i> (Moretti) Greuter	Asteraceae	Marina di Torre del Lago	17/11/12



***Achillea maritima*:** si tratta di un cespuglio, camefita suffruticosa, alta da 20 a 40 cm, di colore bianco-tomentoso. I fusti sono ascendenti o diffusi, semplici o ramosi; i fiori sono tutti tubulosi, ermafroditi, gialli. Il frutto è una cipsela oblunga, provvista di pappo. La fioritura avviene da Giugno ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.2.** *Achillea maritima* fiorita, Marina di Torre del Lago, 03/10/2012 (foto di K. Boussaada).





***Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*:** si tratta di una geofita rizomatosa, erbacea e perenne. La sua altezza varia da 60 a 120 cm. Presenta lunghi rizomi, affondati nella sabbia, formante densi cespugli che ricoprono fino ad una decina di m<sup>2</sup> e più. Pannocchia densa, spiciforme, cilindrica. La fioritura avviene da Aprile ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.3.** *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea* fiorita, Calambrone, 25/07/2013 (foto di K. Boussaada).



***Anthemis maritima*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita scaposa, alta 20-30 cm, glabra o quasi, con fusti prostrato-ascendenti. I capolini sono su peduncoli sottili. Le squame acute a margine chiaro; pagliette brevemente mucronate. I fiori centrali tubulosi gialli. I frutti sono degli acheni denticolati all'apice. La fioritura avviene da Maggio a Novembre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.4.** *Anthemis maritima* fiorita, Calambrone, 28/06/2013 (foto di K. Boussaada).



***Anisantha sterilis*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 20 a 40 cm. I culmi sono fascicolati, ascendenti e lisci. Pannocchia con rami nutanti, poi penduli, scabri, ciascuno portante in genere una sola spighetta; ogni spighetta ha tra 5 - 11 fiori. La fioritura avviene da Aprile a Giugno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.5.** *Anisantha sterilis* (foto di K. Boussaada).





***Cakile maritima***: è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 10 a 30 cm, succulenta. I fusti sono ascendenti, prostrati, flaccidi, glabri. Racemi brevi, con fiori addensati, i sepali sono giallo-verdastri, i petali sono spatolati. Si tratta di una pianta pioniera su sabbie litoranee, cresce in ambienti ruderali sub-salsi, ricchi in nitrati, sempre sul litorale. Il frutto è diviso in 2 segmenti, quelli distali possono essere trasportati dall'acqua del mare per lunghe distanze, invece quelli prossimali tendono ad essere persi in vicinanza dalla

pianta madre. La sua fioritura avviene da Gennaio a Luglio (Pignatti, 1982).

**Figura 2.6.** *Cakile maritima* fiorita, Marina di Torre del Lago, 25/07/2013 (foto di K. Boussaada).



***Calystegia soldanella***: è una pianta erbacea perenne, geofita rizomatosa, alta da 10 a 50 cm. Il suo rizoma è lungamente stolonifero. I fusti sono prostrati ascendenti all'apice. Le foglie di colore verde-blauastro ed un po' carnose. I fiori sono di colore roseo o roseo-purpureo, più chiari sulle nervature e sono isolati o appaiati alle ascelle delle foglie più sviluppate. I frutti sono delle capsule ovali. La fioritura avviene da Giugno ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.7.** Frutti di *Calystegia soldanella*, Calambrone, 21/06/2013 (foto di K. Boussaada).



***Centaurea aplolepa* subsp. *subciliata*:** è un'emicriptofita bienne, alta da 40 a 80 cm, di colore grigio-tomentoso. I fusti sono ramosissimi, corimbosi, ruvidi. I capolini sono numerosi e piccoli. I fiori sono purpurei; gli acheni di 3 mm, con pappo di 1 mm. La fioritura avviene da Giugno a Luglio. È una pianta endemica, in Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Liguria, Emilia-Romagna e Toscana (Pignatti, 1982).

**Figura 2.8.** *Centaurea paniculata* subsp. *subciliata* fiorita, Marina di Torre del Lago, 28/06/13 (foto di K. Boussaada).



***Cerastium ligusticum*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 5 a 20 (30) cm. I fusti sono eretti lungamente, nudi in alto, alla base con rami prostrati o ascendenti. I semi hanno un diametro di 0.4 - 0.6 mm. La fioritura avviene tra Gennaio e Giugno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.9.** *Cerastium ligusticum*, FMN lato nord (foto tratta da [www.naturamediterraneo.com](http://www.naturamediterraneo.com) ).



***Euphorbia peplis*:** è una terofita reptante, annuale, alta da 5 a 20 cm. I fusti sono robusti, serpeggianti sulla sabbia, spesso arrossati. I semi sono ovali di colore grigio con macchie brune. La fioritura avviene da Maggio ad Ottobre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.10.** *Euphorbia peplis*, Marina di Torre del Lago, 11/10/12 (foto di K. Boussaada).





***Cutandia maritima*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 10 a 50 cm. I suoi culmi sono solitari, raramente fascicolati, ascendenti o più o meno prostrati. La pannocchia è povera e contratta. Le spighe hanno fiori addensati; fiorisce tra Aprile e Giugno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.11.** *Cutandia maritima*, (foto di K. Boussaada).



***Cynodon dactylon*:** è una pianta perenne erbacea, geofita rizomatosa, alta da 30 a 40 cm. Il rizoma è tenace, strisciante e radicante ai nodi. Il frutto è una cariosside racchiusa dentro le glumette. La fioritura avviene tra Giugno e Settembre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.12.** *Cynodon dactylon* (foto di K. Boussaada).



***Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita scaposa, alta da 50 - 150 cm, vischiosa. Il suo fusto è eretto, legnoso alla base, ispido in alto. I capolini numerosi con pannocchia ricca; i fiori sono gialli, il frutto è un achenio provvisto di pappo peloso. La fioritura avviene da Agosto ad Ottobre.

**Figura 2.13.** *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa* (foto tratta da [www.commonswikimedia.org](http://www.commonswikimedia.org) ).



***Echinophora spinosa*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita scaposa, alta da 20 a 50 cm, il rizoma sotterraneo allungato. Il fusto è eretto e ramosissimo. Le foglie inferiori sono 2-pennatosette terminanti in spine. È caratterizzata da un fiore centrale ermafrodita circondato da fiori maschili. I frutti ovoidi, hanno stili eretti e persistenti. La fioritura avviene da Giugno a Settembre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.14.** *Echinophora spinosa*, Calambrone (foto di K. Boussaada).



***Elytrigia juncea* subsp. *juncea*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita cespitosa, alta da 50 a 90 cm. Il culmo è eretto, rigido, con stoloni striscianti lunghi. La spiga è cilindrica, con spighette appaiate. La fioritura avviene da Aprile a Giugno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.15.** *Elytrigia juncea* subsp. *juncea* fiorita, Calambrone (foto di K. Boussaada).



***Erigeron canadensis*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 40 a 150 cm. Il suo fusto è eretto, cilindrico, con peli patenti. Il capolino è cilindrico-piriforme. Acheni con pappo bianco-grigiastro. La fioritura avviene da Giugno ad Ottobre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.16.** *Erigeron canadensis* fiorita, Calambrone, 31/07/13 (foto di K. Boussaada).





***Eryngium maritimum*:** è una pianta perenne erbacea, geofita rizomatosa, alta da 20 a 40 cm, glauca. Il rizoma sotterraneo è contorto. Fusto ascendente e striato. Foglie basali coriacee, con picciolo e lamina a contorno reniforme, sul bordo irregolarmente increspata e con denti terminanti in spine acute. Il capolino è a forma ovoide. La sua fioritura avviene da Giugno a Settembre.

**Figura 2.17.** *Eryngium maritimum*, Calambrone 12/07/13, (foto di K. Boussaada).



***Euphorbia paralias*:** è una pianta perenne erbacea, camefita fruticosa, alta da 30 a 60 cm. I fusti sono eretti, cespugliosi. Ghiandole reniformi, con corna divergenti; capsula, profondamente solcata tra le cocche. La fioritura avviene da Aprile ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.18.** *Euphorbia paralias*, Marina di Torre del Lago, 06/08/13 (foto di K. Boussaada).



***Helichrysum stoechas*:** è un cespuglio, camefita suffruticosa, alto da 15 a 30 cm, ha un odore aromatico con fusti legnosi ramificati formanti un denso pulvino basale, bianco-tomentoso. Fiori gialli, riuniti in capolini inseriti in corimbi terminali densi, glomeriformi. La fioritura avviene da Maggio a Luglio. Il frutto è un achenio di forma ovato-oblunga con la superficie papillosa che si prolunga in un becco sottile (Pignatti, 1982).

**Figura 2.19.** *Helichrysum stoechas* fiorita, Marina di Torre del Lago, 06/06/13 (foto di K. Boussaada).



***Hypochaeris radicata*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita rosulata, alta da 30 a 50 (90) cm. Il rizoma è legnoso, ingrossato, i fiori sono gialli. La fioritura avviene da Aprile a Luglio. Il frutto è un achenio scabro, bruno con lungo becco, pappo con setole biseriate (Pignatti, 1982).

**Figura 2.20.** *Hypochaeris radicata* in fioritura, Calambrone, 12 /07/13 (foto di K. Boussaada).



***Lagurus ovatus*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 2 a 50 cm. La pannocchia spiciforme generalmente è ovata, bianco-lanosa, sormontata dalle reste; glume subeguali villose, lemma, con resta dorsale. La fioritura avviene da Marzo a Maggio (Pignatti, 1982).

**Figura 2.21.** *Lagurus ovatus*, Marina di Torre del Lago, 25/07/13 (foto di K. Boussaada).



***Limbarda crithmoides*:** è un cespuglio, camefita suffruticosa, alto da 40 a 70 cm, glabro, papilloso e con foglie carnose. Ha un fusto legnoso con rami ascendenti. Il frutto è un achenio (cipsela) pubescente-irsuto con pappo di peli semplici rossastri. La sua fioritura avviene da Luglio a Novembre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.22.** *Limbarda crithmoides* (tratta da <http://www.actaplantarum.org/floraitaliae/download/file.php?id=54956>).





***Lotus hirsutus*:** è un cespuglio, camefita suffruticosa alto da 20 a 40 cm. I fusti sono legnosi ascendenti con rami erbacei densamente lanosi. La fioritura avviene da Maggio a Giugno. Il frutto è un legume con stilo persistente (Pignatti, 1982).

**Figura 2.23.** *Lotus hirsutus* con frutti, Marina di Torre del Lago, 28/06/13 (foto di K. Boussaada).



***Medicago littoralis*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 5 a 30 cm, i fusti sono cilindrici, finemente striati, zig-zaganti e prostrati. Le foglie triangolari tutte troncate o retuse verso l'apice con dentelli acuti ed aristulati. La fioritura avviene da Marzo a Maggio. Il frutto è un legume indeiscente formato da un solo carpello cilindrico con 3 - 7 spire appressate e semi reniformi e ragnatelosi (Pignatti, 1982).

**Figura 2.24.** *Medicago littoralis* con fiori e frutti, Marina di Torre del Lago, 06/06/13 (foto di K. Boussaada).



***Medicago marina*:** si tratta di una pianta perenne erbacea, camefita reptante, alta da 10 a 30 (50) cm, completamente ricoperta di tomento bianco-giallastro. I fusti sono legnosi, striscianti, spesso coperti di sabbia con rami erbacei eretti o ascendenti. Le foglie sono densamente lanose e biancastre. Il frutto è un legume lanoso e ha un diametro di 6 - 8 mm, con 2 - 4 spire. La fioritura avviene da Marzo ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.25.** *Medicago marina*, Tirrenia, 28/06/2013 (foto di K. Boussaada).





***Odontites lutea*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 20 a 50 cm. Il fusto è ascendente o eretto. I frutti sono delle capsule ovali contenenti diversi semi. Le infiorescenze sono a spighe racemose con fiori unilaterali. Il periodo di fioritura va da Agosto ad Ottobre (Pignatti, 1982).

**Figura 2.26.** *Odontites lutea* (foto tratta da [www.actaplantarum.org](http://www.actaplantarum.org) ).



***Oenothera biennis*:** è una pianta biennale, emicriptofita biennale, alta da 50 a 150 cm. Ha un fusto eretto, semplice o poco ramoso, alla base ingrossato e fusiforme. Il frutto è una capsula subcilindrica che a maturità si apre per il lungo in quattro pezzi; contiene numerosi semi irregolari grigi o marrone scuro. Il periodo di fioritura va da Giugno a Settembre (Pignatti, 1982). Si tratta di una specie esotica di origine nordamericana, naturalizzata ed evoluta in Europa (Arrigoni & Viegi, 2011).

**Figura 2.27.** *Oenothera biennis* in fioritura, Calambrone, 31/07/13 (foto di K. Boussaada).



***Ononis variegata*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 10 a 30 cm. È una pianta vischiosa e spesso con granelli di sabbia aderenti. Il frutto è un legume glabro con al suo interno vari semi reniformi di colore bruno rossastro. Infiorescenze pauciflore in racemi lassi con bratte e fiori solitari, di colore giallo. La fioritura è da Aprile a Maggio (Pignatti, 1982).

**Figura 2.28.** *Ononis variegata* fiorita (foto tratta da [www.actaplantarum.org](http://www.actaplantarum.org) ).



***Pancratium maritimum***: si tratta di una geofita bulbosa, perenne, erbacea, alta da 30 a 50 cm. Il fiore è di colore bianco. La sua fioritura avviene da Luglio a Settembre. Il frutto è una capsula contenente semi neri irregolari (Pignatti, 1982).

**Figura 2.29.** *Pancratium maritimum* in fioritura, Calambrone, 12/07/13 (foto di K. Boussaada).



***Plantago coronopus***: è una pianta che può essere terofita scaposa/emicriptofita, biennale/emicriptofita rosulata, quindi può essere annuale, biennale o perenne erbacea, generalmente annua o biennale. Questa pianta è alta da 3 a 30 cm. La fioritura avviene da Aprile ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.30.** *Plantago coronopus*, Calambrone (foto di K. Boussaada).



***Polygonum maritimum***: è una emicriptofita reptante, perenne, erbacea, alta da 10 a 40 cm. Le sue radici sono legnose. I fusti sono prostrati, di colore verde-grigio. La sezione dei frutti è triangolare (sono trigoni) e sono appuntiti all'apice, mentre alla base sono arrotondati. La fioritura avviene tra Maggio ed Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.31.** *Polygonum maritimum*, Marina di Torre del Lago, 03/10/12 (foto di K. Boussaada).





***Pseudorlaya pumila*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 5 a 20 cm. I fusti sono prostrato-ascendenti o diffusi. Il frutto è un diachenio, esternamente ha diverse file di aculei. La fioritura avviene da Aprile a Maggio (Pignatti, 1982).

**Figura 2.32.** *Pseudorlaya pumila* (foto tratta da [www.sophy.univ-cezanne.fr](http://www.sophy.univ-cezanne.fr)).



***Lomelosia rutifolia*:** è una pianta erbacea annuale, terofita scaposa, alta da 20 a 40 cm, con portamento eretto. Il frutto è una cipsela quadrangolare. La fioritura avviene tra Giugno e Settembre.

**Figura 2.33.** *Lomelosia rutifolia*, Marina di Torre del Lago, 25/07/13 (foto di K. Boussaada).



***Raphanus raphanistrum subsp. landra*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 20 a 80 cm, peloso-ispida su fusti e foglie. Il fusto è ginocchiato, ascendente o eretto. Il frutto è una siliqua appuntita all'apice e contiene diversi semi. La fioritura avviene da Marzo a Giugno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.34.** *Raphanus raphanistrum* (foto tratta da [www.actaplantarum.org](http://www.actaplantarum.org)).



***Reichardia picroides***: è una pianta perenne erbacea, emicriptofita scaposa, alta da 20 a 40 cm, glauca e glabra. I fusti sono eretti e più o meno ramosi. I capolini sono isolati, i fiori gialli; gli acheni sono di 2 tipi: gli esterni scuri, con grossi bitorzoli allineati, e gli interni, chiari e quasi lisci. La fioritura avviene da Gennaio a Luglio (Pignatti, 1982).

**Figura 2.35.** *Reichardia picroides* (foto tratta da <http://www.funghiitaliani.it/index.php?showtopic=81223>).



***Kali tragus***: è una pianta annuale, terofita scaposa, alta da 20 a 60 cm. Il fusto è prostrato o eretto con rami patenti e portamento a pulvino. Il frutto contiene un solo seme. La fioritura avviene da Maggio ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.36.** *Kali tragus*, Marina di Torre del Lago, 03/10/12 (foto di K. Boussaada).



***Silene canescens***: è una specie annuale, terofita scaposa, alta da 10 a 40 cm. Il fusto è ascendente o eretto, ramificato alla base. Il frutto è una capsula denticata elissoide contenente semi bruni. Fiori con la corolla roseo violetta con 5 petali bilobi. La fioritura avviene da Aprile a Giugno (Pignatti, 1982).

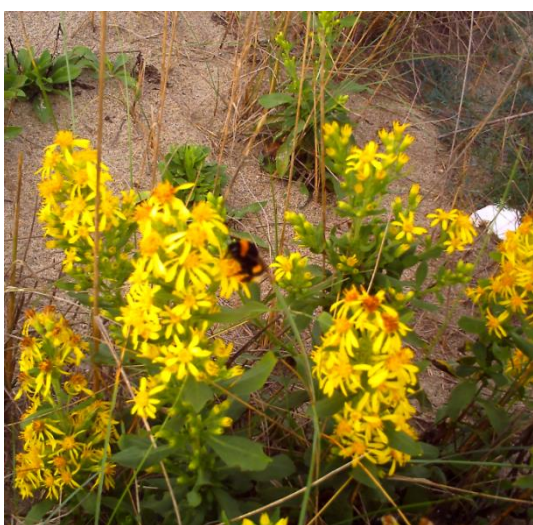
**Figura 2.37.** *Silene canescens* fiorita, Marina di Torre del Lago, 12/05/13 (foto di K. Boussaada).





***Silene otites*:** è una pianta perenne erbacea, emicriptofita rosulata, alta da 30 a 50 cm. Il rizoma è legnoso, ingrossato e i fusti sono eretti, ramosi in alto. Il frutto è a capsula deiscente con semi reniformi. La fioritura avviene da Maggio ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.38.** *Silene otites*, Calambrone, 25/07/13 (foto di K. Boussaada).



***Solidago litoralis*:** è una emicriptofita scaposa, perenne erbacea, alta da 10 a 40 cm, il suo fusto è eretto-patente. Presenta tanti capolini, con fiori gialli. Il frutto è un achenio, pubescente con pappo. È una pianta endemica dell'Italia, si distribuisce tra Marina di Massa e Bocca d'Arno (Pignatti, 1982).

**Figura 2.39.** *Solidago litoralis* fiorita, Calambrone, 23/10/12 (foto di K. Boussaada).



***Teucrium capitatum* subsp. *capitatum*:** è una pianta perenne erbacea, camefita suffrutescente, alta tra gli 8 e i 20 cm, densamente tomentosa, con odore aromatico gradevole. I fiori sono riuniti in verticillastri piccoli di colore bianco. La fioritura avviene da Giugno ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.40.** *Teucrium capitatum* subsp. *capitatum* (foto tratta da <http://irapl.altervista.org/cpm/albums/bot-units86/teucrium-capitatum-subsp-capitatum36686.jpg>).



***Verbascum sinuatum*:** è una pianta biennale, emicriptofita biennale, alta da 40 a 100 cm, densamente grigio- o giallo-lanosa. I fusti sono cilindrici, con abbondanti rami arcuati. Il frutto è una capsula contenente tanti semi. La fioritura è da Maggio ad Agosto (Pignatti, 1982).

**Figura 2.41.** *Verbascum sinuatum*, Marina di Torre del Lago, 03/10/12 (foto di K. Boussaada).



***Vulpia fasciculata*:** è una pianta annuale, terofita cespitosa, alta da 10 a 50 cm. I culmi sono solitari o fascicolati, generalmente ginocchiato-ascendenti. La pannocchia breve, regolarmente unilaterale (soprattutto dopo la fioritura), spighe 3-9 flore, gluma inferiore ridotta ad una squama breve lemma con resta.

**Figura 2.42.** *Vulpia fasciculata*, Marina di Torre del Lago, 06/06/13 (foto di K. Boussaada).



***Xanthium orientale* subsp. *italicum*:** è una pianta annuale, terofita scaposa, alta tra 30 e 100 cm, ruvida sul fusto e sulle foglie. I fusti sono eretti e ramosissimi dalla base e formanti un cespuglio emisferico, talora arrossati. Il frutto, formato da un involucre persistente, è allungato e spinoso. Le spine laterali sono distanziate e ricurve nella metà apicale, mentre le spine apicali sono più attorcigliate. La fioritura avviene tra Luglio ed Ottobre (Pignatti, 1982). Si tratta di un'esotica di origine nordamericana, oggi divenuta cosmopolita in Italia (Arrigoni & Viegi, 2011).

**Figura 2.43.** *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (tratta da <http://luirig.altervista.org/cpm/albums/bot-009/xanthium-orientale-subsp-italicum9623.jpg> ).

## 2.3 ANALISI DEI CARATTERI FUNZIONALI

Alcuni dei caratteri funzionali riproduttivi indagati per le 42 specie psammofile sono riportati in *Tabella 2.2*.

**Tabella 2.2** Caratteri funzionali misurati, la loro unità di misura e il numero di repliche usate

<b>Caratteri</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Numero di repliche</b>
<b>Indice di forma</b>	Varianza delle 3 dimensioni (mm) dell'unità di dispersione	30 unità di dispersione
<b>Peso fresco</b>	(mg)	3 repliche
<b>Numero unità di dispersione /ramet</b>	Unità di dispersione/ramet	6 piante
<b>Contenuto dopo trattamento a 103°C</b>	(%)	3 repliche
<b>Contenuto dopo trattamento a 130°C</b>	(%)	3 repliche

Le unità di dispersione raccolte sono state studiate sia eliminando tutte le appendici (pappo etc.) che mantenendole.

### 2.3.1 MISURA DEL NUMERO DI UNITÀ DI DISPERSIONE (CONTEGGIO)

Numerosi fattori influenzano la produzione di semi, come il numero di ovuli per frutto, l'aborto fisiologico dell'ovulo, la limitazione del polline, la disponibilità dei nutrienti e lo svolgimento della fotosintesi, la presenza di erbivori e predatori, le malattie e lo stress ambientale (Stevenson, 1981;



Lee, 1988; Shipley *et Diom*, 1992). A questa lista possono essere aggiunti tanti altri fattori (Shipley *et Diom*, 1992). Tuttavia, la domanda “Quanti semi produce una pianta?” rimane una delle domande basilari dell’ecologia delle piante e per essa non esiste una risposta univoca. Quindi, risulta evidente la difficoltà che si può trovare nella valutazione del numero di unità di dispersione. In questo paragrafo, verrà illustrata la procedura usata per il conteggio delle unità di dispersione per le piante psammofile sopra descritte.

Molte piante psammofile sono clonali, cioè si propagano vegetativamente producendo delle unità funzionali simili, potenzialmente capaci di svilupparsi da sole al distacco dalla pianta madre. Queste unità sono chiamate “*ramet*”, mentre la pianta intera è chiamata “*genet*” (Scrosati, 2002). Visto che in ambienti naturali è quasi impossibile identificare il “*genet*”, la predizione del numero di unità di dispersione prodotte da un “*genet*” è poco pratica, nonostante i valori teorici. Quindi, nel presente lavoro di tesi è stato determinato per ogni specie il numero di unità di dispersione prodotte da un “*ramet*” riproduttivo in un’unica stagione. Il “*ramet*” è equivalente al culmo per le graminacee, alla singola rosetta per le emicriptofite rosulate ed è equivalente al singolo fusto emergente dal terreno per le altre forme di crescita (Shipley *et Diom.*, 1992). Il conteggio dei semi e/o frutti è servito per valutare la produzione media dei “*ramet*” di ciascuna specie, al fine di capire meglio il grado di investimento di ciascuna specie nella riproduzione.

Il conteggio è stato fatto su 6 *ramet*/specie, prelevati da altrettante piante (un *ramet*/pianta) scelte casualmente. Per ogni specie sono state calcolate la media e la deviazione standard del numero di unità di dispersione trovato con il conteggio.

### 2.3.2 DIMENSIONI E INDICE DI FORMA DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

L’unità di dispersione o dispersulo può corrispondere all’intero frutto o al singolo seme che può essere o meno dotato di appendici (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Nel caso di dispersuli dotati di appendici le dimensioni sono state misurate sia con che senza esse. L’indice di forma dei semi o/e dispersuli rappresenta la varianza delle medie delle 3 dimensioni: lunghezza (L), larghezza (l) e spessore (S), riportate in mm. Le 3 dimensioni sono state trasformate in modo che la lunghezza fosse l’unità (Thompson *et al.*, 1993). I valori dell’indice di forma teoricamente possono variare in un intervallo tra 0 (forma sferica) e 1 (valore sperimentalmente mai raggiunto).

Per calcolare questo parametro sono stati analizzati 30 semi per ogni specie. Le dimensioni dei semi sono state determinate utilizzando un calibro digitale (Powerfix) per i semi di maggiori dimensioni oppure uno stereoscopio binoculare (Swift) per i semi minuti (**Fig. 2.45**).



**Figura 2.45.** Stereoscopio binoculare (Swift) e calibro elettronico digitale (Powerfix) usati per la determinazione dell'indice di forma.

L'indice di forma, insieme al peso fresco (trattato nel paragrafo successivo), rappresentano un buon metodo per la stima della persistenza del seme nella banca semi del suolo.

### 2.3.3 PESO FRESCO DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

Il peso fresco delle unità di dispersione è il peso medio di un seme espresso in mg. Le risorse immagazzinate in semi grandi, gli permettono di sopravvivere e germinare in condizioni ambientali non prevedibili. Semi piccoli possono essere prodotti in gran numero con lo stesso sforzo riproduttivo di un minor numero di semi più grandi. Semi che pesano poco e hanno una forma abbastanza sferica possono avere una longevità prolungata. Di solito, taxa simili hanno una massa simile (Perez-Harguindeguy *et al.*, 2013).



**Figura 2.46.** Bilancia analitica utilizzata per pesare le unità di dispersione.

Per ogni specie sono state effettuate 3 repliche. A seconda della massa dei semi, sono stati pesati da 30 a 1000 semi per replica. È stata utilizzata una bilancia analitica elettronica con una precisione di  $10^{-4}$  g (*Fig. 2.46*).

### 2.3.4 CONTENUTO IDRICO E CONTENUTO IN OLI

Nel presente lavoro di tesi, è stato determinato sia il contenuto idrico sia il contenuto in oli dei semi/frutti analizzati, seguendo il protocollo proposto da Rao e collaboratori (2006).

Il contenuto idrico indica la presenza di acqua; essa è indispensabile per la germinazione dei semi che a maturità presentano generalmente un contenuto idrico insufficiente per l'attivazione dei processi enzimatici.

Il contenuto in oli delle unità di dispersione rappresenta la quantità immagazzinata dal seme su forma di lipidi e quindi di energia che l'embrione usa in forma di ATP. (Levin, 1979)

Il contenuto idrico è stato ricavato a partire da un primo trattamento a 103 °C secondo la seguente procedura:

1. Pesare e annotare il peso di ogni contenitore (W1);
2. Mettendo tra 0.5 e 1 g, un sottoinsieme scelto in modo random del campione totale, in 2 contenitori pesati precedentemente, si ottengono 2 repliche del peso fresco del campione e dei contenitori con il loro coperchio (W2);
3. Si mettono i contenitori aperti nella stufa a temperatura  $103 \pm 2$  °C;
4. Si lasciano i semi in queste condizioni per 17 ore  $\pm$  1 ora;
5. Si richiude il contenitore alla fine del trattamento;
6. Si mettono i contenitori nell'essiccatore per 45 minuti;
7. Si pesano i contenitori contenenti i campioni (W3);
8. L'umidità nel campione è ottenuta dalla formula:

$$\% \text{ dell'umidità nel campione} = ( (W2-W3) / (W2-W1) ) * 100$$

Il contenuto in oli è stato determinato dopo un secondo trattamento in stufa a 130 °C secondo la seguente procedura:

1. Si mettono i contenitori aperti nella stufa a temperatura tra 130 e 133 °C;
2. Si lasciano i semi in queste condizioni da 1 a 4 ore (dipendentemente dalla specie);
3. Si rimette il coperchio alla fine del trattamento;
4. Si mettono i contenitori nell'essiccatore per 45 minuti;
5. Si pesano i contenitori con i campioni (W4);

6. L'umidità nel campione è ottenuta dalla formula:

$$\% \text{ dell'umidità nel campione} = ((W_2 - W_4) / (W_2 - W_1)) * 100$$

La durata del trattamento in stufa può variare da 1 a 4 ore, nella nostra procedura essa è stata fissata a 2 ore.

La misura del contenuto in oli è stata calcolata come segue:

$$\% \text{ contenuto in oli} = [(W_{103} - W_{130}) / W_{103}] * 100$$

dove

$W_{103}$ : massa del campione dopo il trattamento in stufa a 103 °C

$W_{130}$ : massa del campione dopo il trattamento a 130 °C.

## 2.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI

Per ogni carattere analizzato (conteggio del numero di unità di dispersione/ramet, indice di forma, peso fresco delle unità di dispersione, contenuto idrico e contenuto in oli) è stata riportata graficamente la distribuzione delle frequenze utilizzando il programma statistico Graph Pad Prism versione 6.3. Per ogni distribuzione delle frequenze è stata, inoltre, testata la normalità dei dati tramite il test di D'Agostino & Pearson.

Per la stima della persistenza come descritta in Thompson *et al.* (1993), abbiamo utilizzato un grafico con l'asse (X) che rappresenta la variazione dell'indice di forma per ciascuna specie, e l'asse (Y) a scala logaritmica rappresenta il peso fresco in mg per ciascuna specie. Nel nostro caso, non è stata effettuata una misura diretta della profondità in cui si trovano le unità di dispersione.

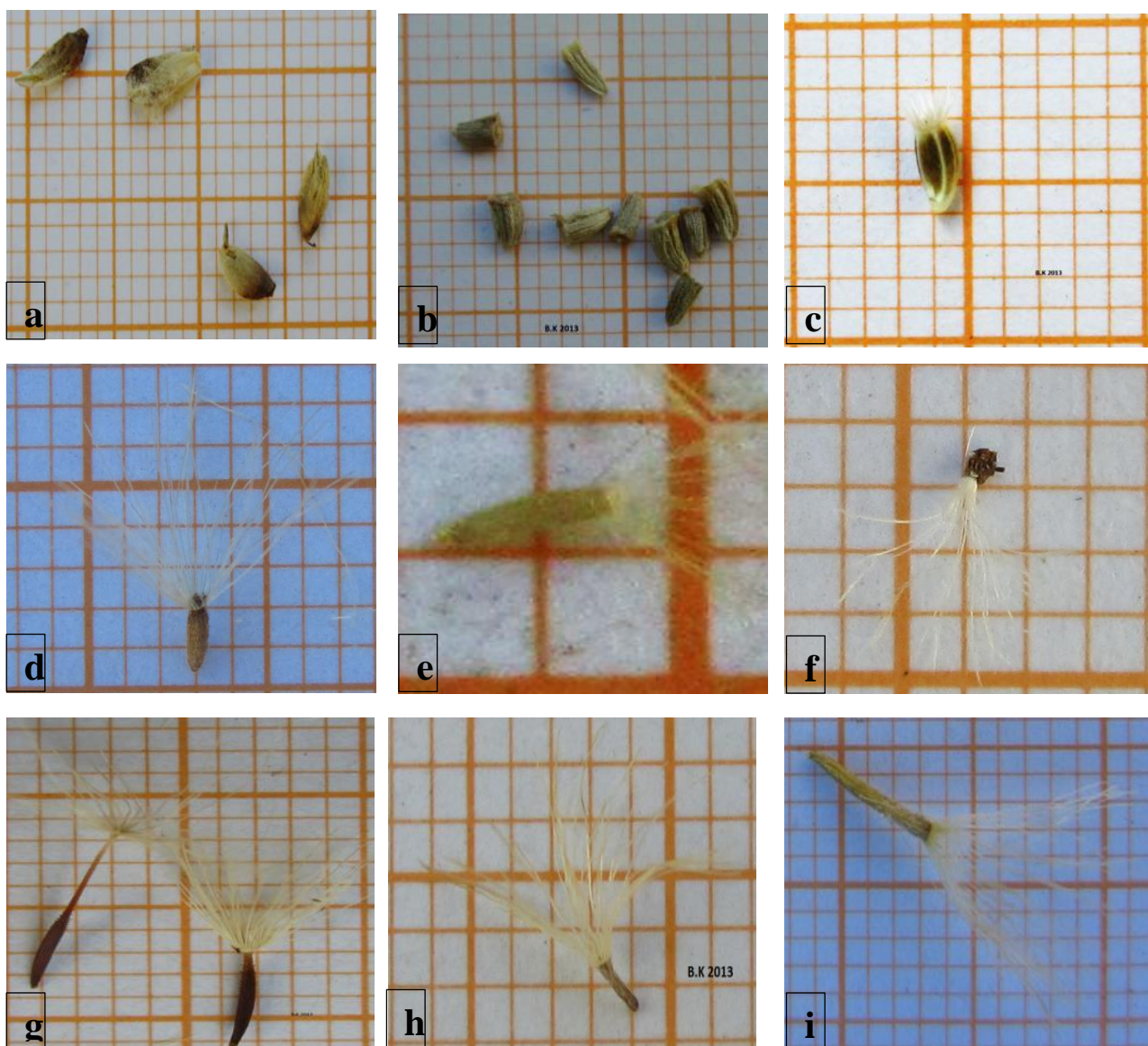
I dati sono stati successivamente organizzati in una matrice di 42 specie x 6 caratteri che è stata sottoposta ad analisi multivariata utilizzando la Cluster Analysis, gerarchica, con i "Group average" (CA) ed il Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) utilizzando il software PRIMER versione 5. La matrice è stata sottoposta a trasformazione quadratica e ad una normalizzazione dei dati ed è stata ottenuta una matrice di similarità utilizzando la distanza euclidea. La CA è un'analisi di classificazione che permette di raggruppare le unità statistiche, minimizzando la lontananza logica entro i gruppi e massimizzando quella tra i gruppi, mentre l'nMDS è un metodo di ordinamento che permette di ottenere una mappa, in cui le distanze tra i punti riflettono i ranghi di similarità tra i campioni.

L'analisi multivariata è stata condotta con lo scopo di verificare se le piante psammofile analizzate possano essere raggruppate in gruppi funzionali con caratteri simili e, quindi, con adattamenti simili all'ambiente costiero.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 CARATTERI MORFOLOGICI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

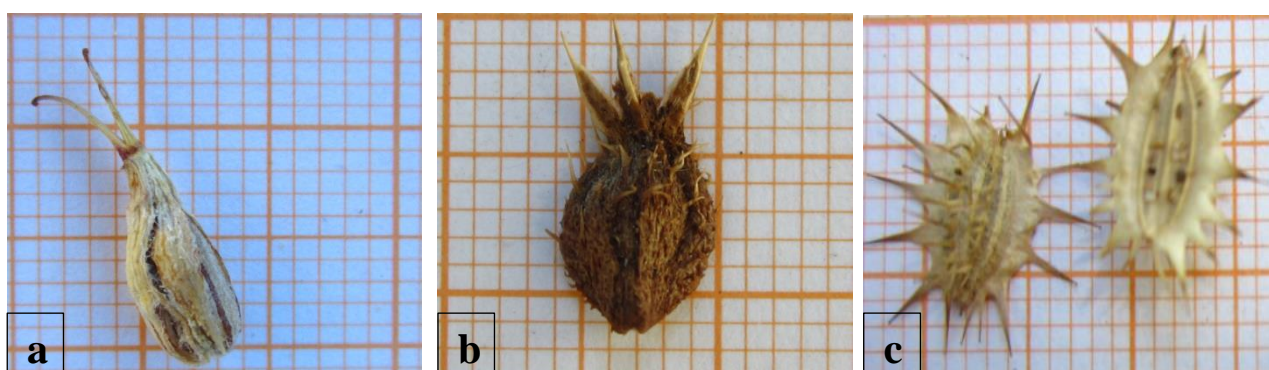
Le unità di dispersione delle specie studiate mostrano ampia variabilità nelle dimensioni, nei colori e nelle forme (**Fig. 3.1 - 3.8**). Si notano strutture particolari, quali ad esempio il pappo delle Asteraceae, funzionale alla dispersione anemocora dei frutti (**Fig. 3.1**), o la tomentosità che riveste i frutti di *Medicago marina*, che incrementa la riflessione della luce e quindi permette una certa riduzione della radiazione ricevuta e un riscaldamento minore (**Fig. 3.5.d**), o le appendici di *Pseudorhynchospora pumila* che servono per la dispersione zoocora dei propaguli (**Fig. 3.2.c**).





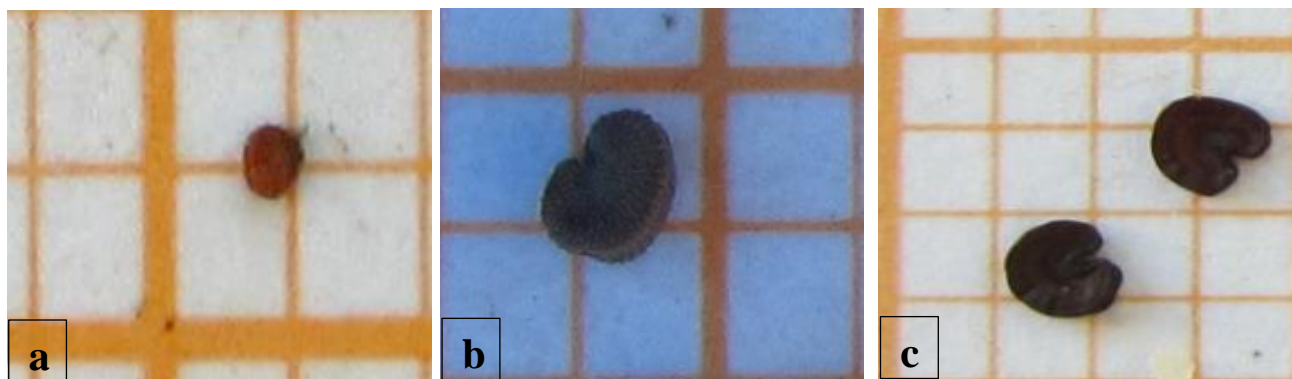


**Figura 3.1.** Semi e frutti di Asteraceae: a) *Achillea maritima*, b) *Anthemis maritima*, c) *Centaurea aplolepa* subsp. *subciliata*, d) *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa*, e) *Erigeron canadensis*, f) *Helichrysum stoechas*, g) *Hypochaeris radicata*, h) *Limbarda crithmoides*, i) *Solidago litoralis*, j) *Reichardia picroides* (frutti bianchi), k) *Reichardia picroides* (frutti neri), l) *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (seme), m) *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (frutto). Le foto sono state fatte su carta millimetrica.

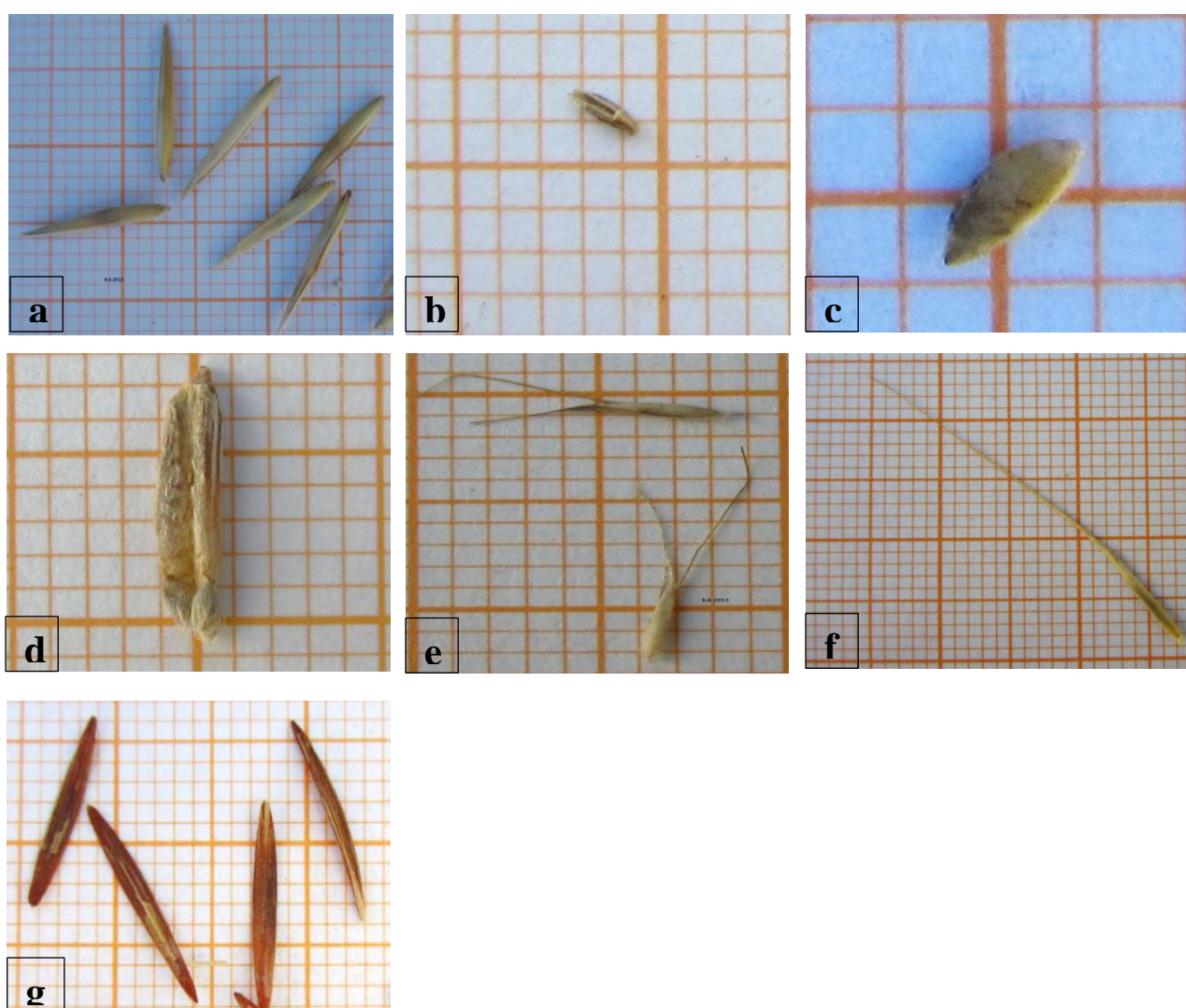


**Figura 3.2.** Unità di dispersione delle Apiaceae: a) *Echinophora spinosa*, b) *Eryngium maritimum*, c) *Pseudorlaya pumila*. Le foto sono state fatte su carta millimetrica.

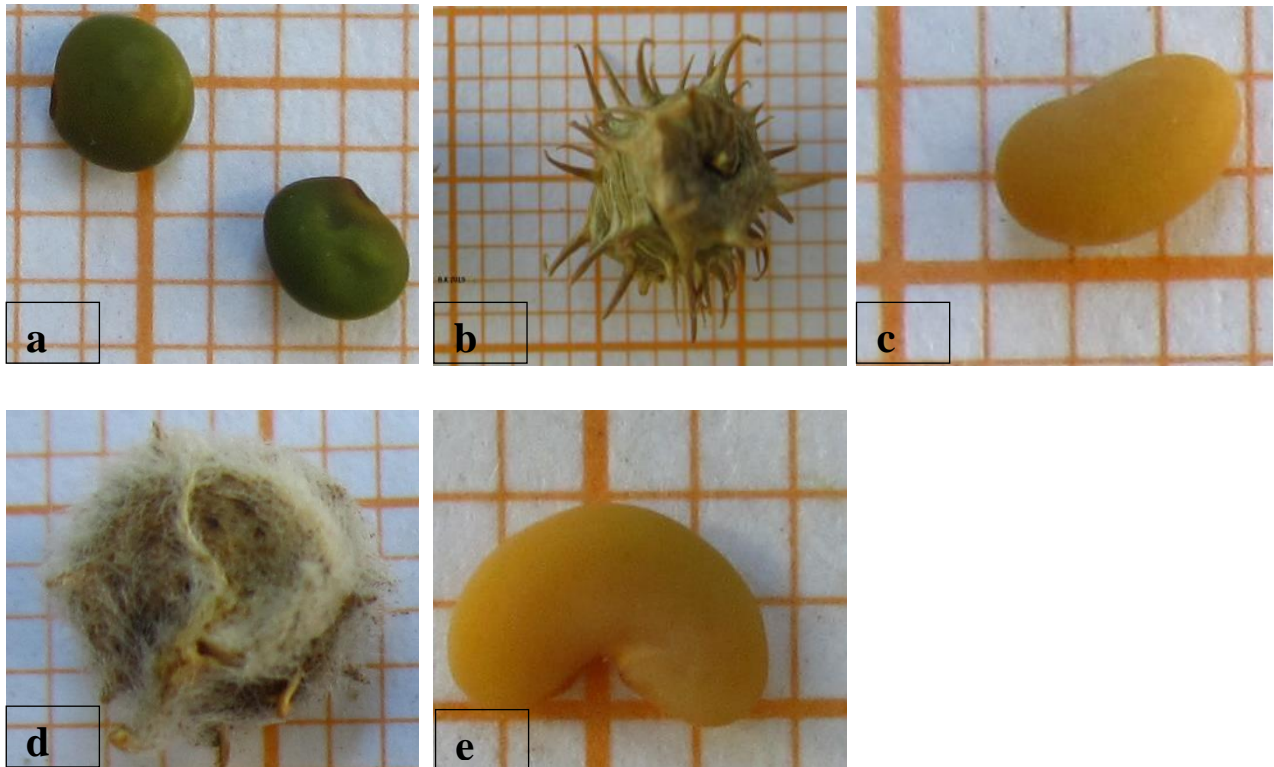




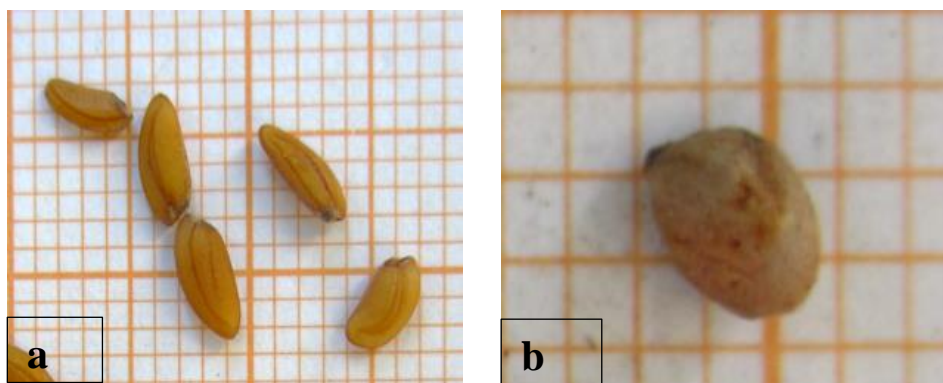
**Figura 3.3.** Unità di dispersione delle Caryophyllaceae: a) *Cerastium ligusticum*, b) *Silene otites*, c) *Silene canescens*. Le foto sono state fatte su carta millimetrica.



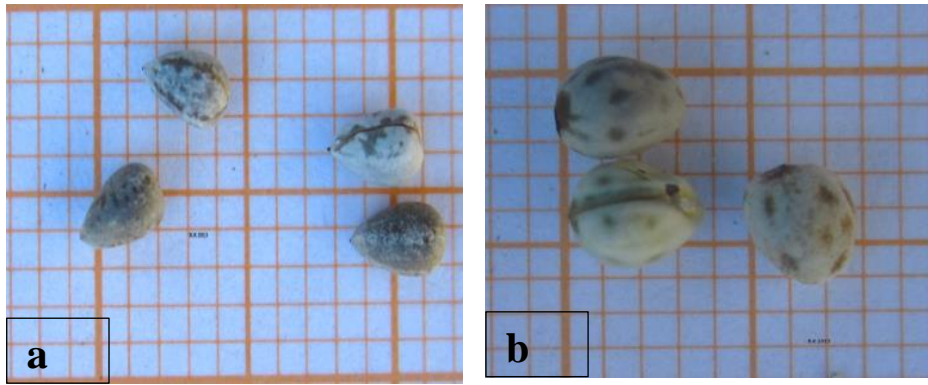
**Figura 3.4.** Unità di dispersione delle Poaceae: a) *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea*, b) *Cutandia maritima*, c) *Cynodon dactylon*, d) *Elytrigia juncea* subsp. *juncea*, e) *Lagurus ovatus*, f) *Vulpia fasciculata*, g) *Anisantha sterilis*. Le foto sono state fatte su carta millimetrica.



**Figura 3.5.** Unità di dispersione delle Fabaceae: a) *Lotus hirsutus*, b) *Medicago littoralis* (frutto), c) *Medicago littoralis* (seme), d) *Medicago marina* (frutto), e) *Medicago marina* (seme). Le foto sono state fatte su carta millimetrica.

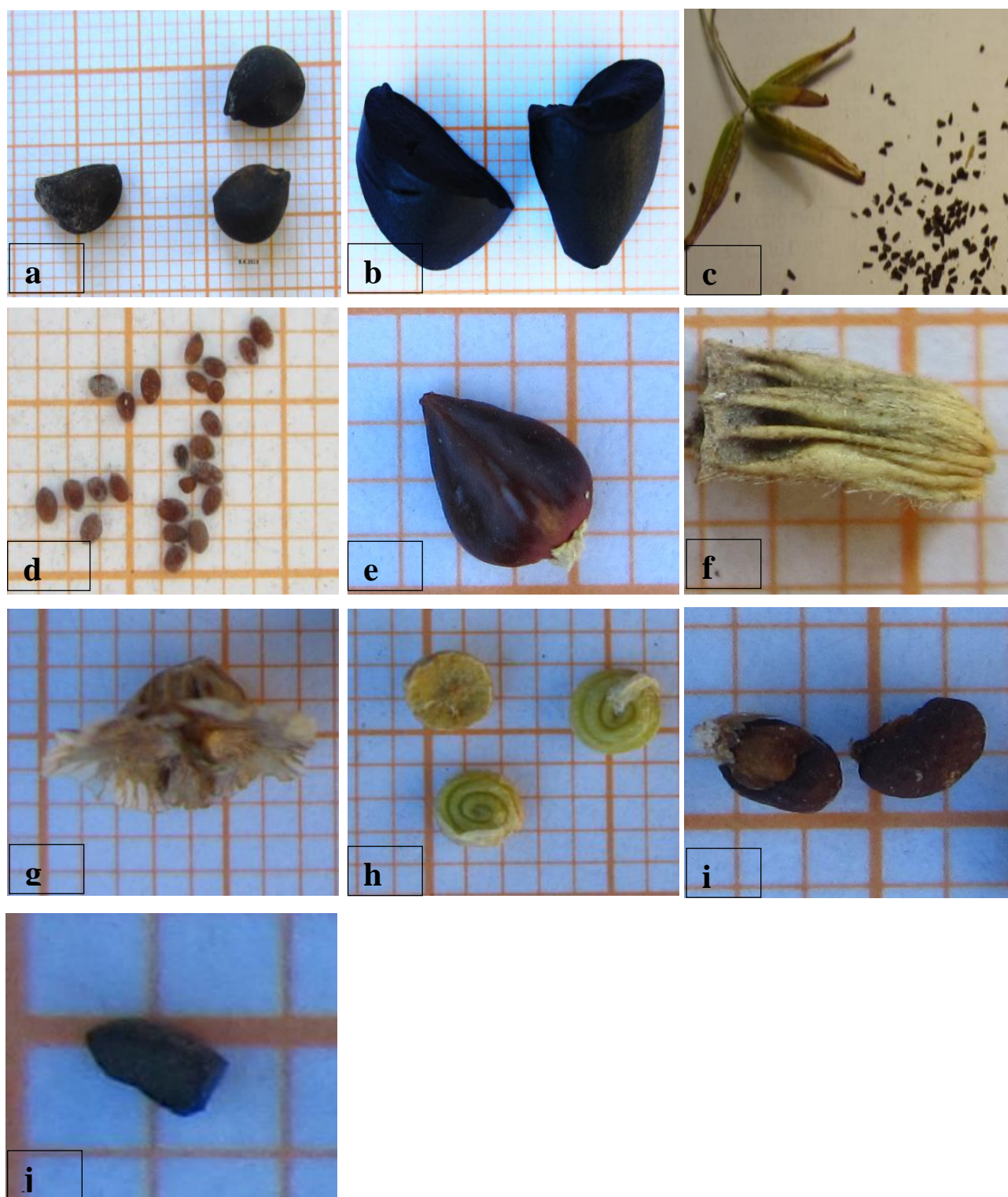


**Figura 3.6.** Unità di dispersione delle Brassicaceae: a) *Cakile maritima*, b) *Raphanus raphanistrum* subsp. *landra*. Le foto sono state fatte su carta millimetrica.



**Figura 3.7.** Unità di dispersione delle Euphorbiaceae: a) *Euphorbia peplis*, b) *Euphorbia paralias*.  
Le foto sono state fatte su carta millimetrica.





**Figura 3.8.** Unità di dispersione di Convolvulaceae, Orobanchaceae, Amaryllidaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Caprifoliaceae, Lamiaceae, Amaranthaceae, Scrophulariaceae. a) *Calystegia soldanella*, b) *Pancratium maritimum*, c) *Oenothera biennis*, d) *Plantago coronopus*, e) *Polygonum maritimum*, f) *Lomelosia rutifolia*, g) *Kali tragus* (unità di dispersione con appendici), h) *Kali tragus* (unità di dispersione senza appendici), i) *Teucrium capitatum* subsp. *capitatum*, j) *Verbascum sinuatum*. Le foto sono state fatte su carta millimetrica.

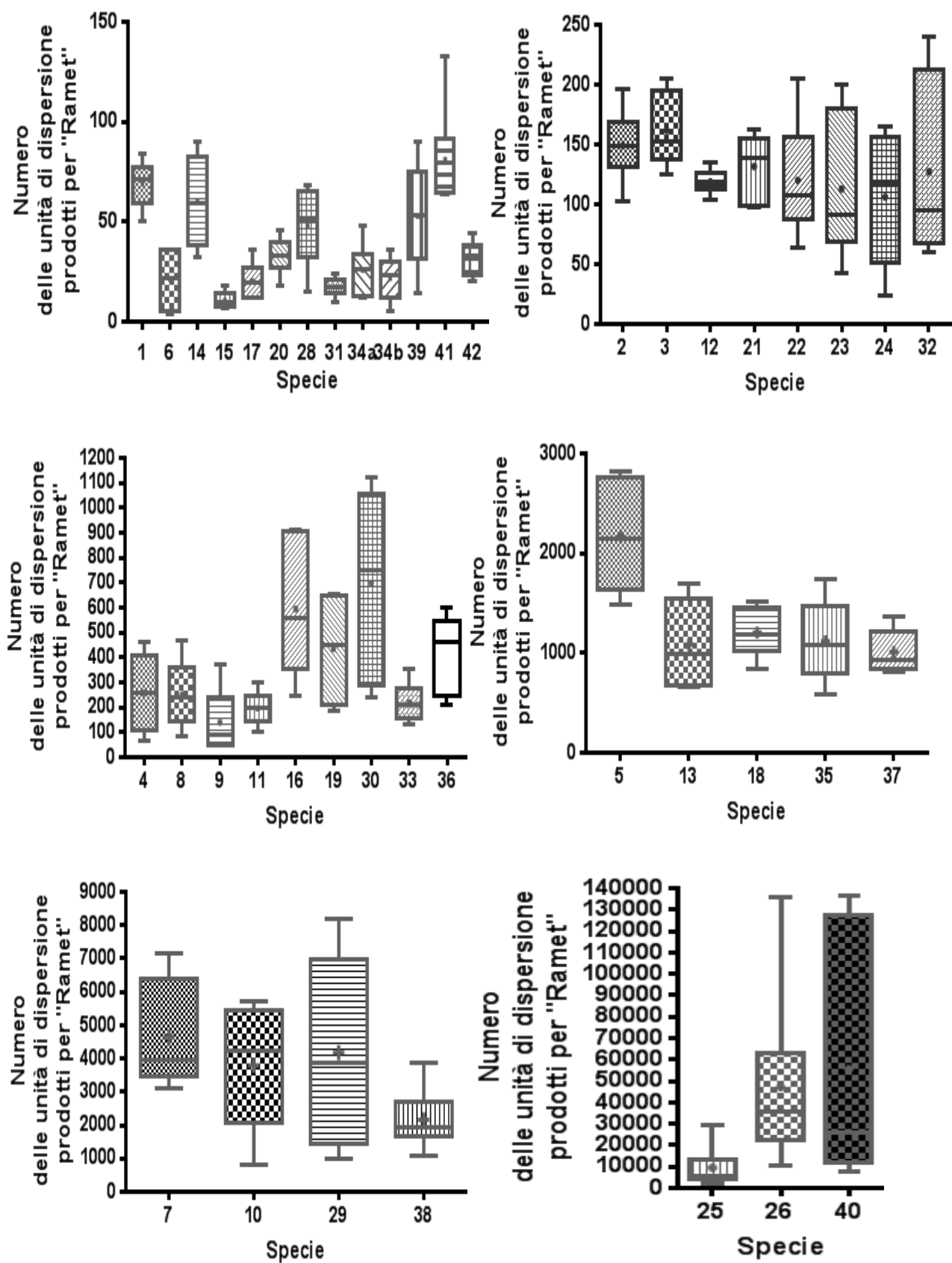
### 3.2 PRODUZIONE MEDIA DI UNITÀ DI DISPERSIONE PER “RAMET”

Il conteggio delle medie delle unità di dispersione, effettuato sui “ramet” di ciascuna specie, e le loro deviazioni standard sono stati riportati in **Tabella 3.1** e nelle **Fig. 3.8 - 3.9**.

**Tabella 3.1** Media e deviazione standard del numero di unità di dispersione per ramet ottenuti da 6 piante campionate casualmente.

	Specie	Unità di dispersione senza appendici /ramet	Frutti/ramet
1	<i>Achillea maritima</i>	68.83 ± 11.67	*
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	149.16 ± 30.35	*
3	<i>Anthemis maritima</i>	161.50 ± 30.78	*
4	<i>Anisantha sterilis</i>	259.00 ± 157.00	*
5	<i>Cakile maritima</i>	2165.00 ± 585.29	*
6	<i>Calystegia soldanella</i>	21.00 ± 15.27	*
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	4645.66 ± 1615.34	4645.66 ± 1615.34
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	251.50 ± 132.17	*
9	<i>Euphorbia peplis</i>	139.33 ± 125.07	*
10	<i>Erigeron canadensis</i>	3792.50 ± 1870.86	3792.5 ± 1870.86
11	<i>Cutandia maritima</i>	196.93 ± 66.92	
12	<i>Cynodon dactylon</i>	118.83 ± 10.38	*
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	1243.43 ± 489.16	1243.43 ± 489.16
14	<i>Echinophora spinosa</i>	60.16 ± 24.35	60.16 ± 24.35
15	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i>	10.83 ± 4.07	*
16	<i>Eryngium maritimum</i>	594.66 ± 267.68	594.66 ± 267.68
17	<i>Euphorbia paralias</i>	20.50 ± 8.98	*
18	<i>Helichrysum stoechas</i>	1207.00 ± 251.25	1207.00 ± 251.25
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	434.33 ± 207.78	434.333 ± 207.78
20	<i>Lagurus ovatus</i>	33.00 ± 9.44	33.00 ± 9.44
21	<i>Limbarda crithmoides</i>	131.66 ± 27.26	131.66 ± 27.26
22	<i>Lotus hirsutus</i>	120.00 ± 48.91	*
23	<i>Medicago littoralis</i>	112.83 ± 60.84	22.83 ± 10.22
24	<i>Medicago marina</i>	106.00 ± 54.39	34.83 ± 19.09
25	<i>Odontites lutea</i>	9501.40 ± 10058.55	*

26	<i>Oenothera biennis</i>	47021.83 ± 44689.53	*
28	<i>Pancratium maritimum</i>	47.83 ± 20.12	*
29	<i>Plantago coronopus</i>	4178.16 ± 2962.34	*
30	<i>Polygonum maritimum</i>	698.66 ± 364.58	*
31	<i>Pseudorlaya pumila</i>	17.33 ± 4.68	*
32	<i>Lomelosia rutifolia</i>	127.33 ± 75.74	*
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>landra</i>	220.00 ± 79.00	*
34 a	<i>Reichardia picroides</i> (frutti neri)	25.66 ± 13.16	*
34 b	<i>Reichardia picroides</i> (frutti bianchi)	21.66 ± 11.08	*
35	<i>Kali tragus</i>	1118.50 ± 400.83	1118.50 ± 400.83
36	<i>Silene canescens</i>	420.66 ± 153.82	*
37	<i>Silene otites</i>	1007.83 ± 216.01	*
38	<i>Solidago litoralis</i>	2160.66 ± 931.66	2160.66 ± 931.66
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i>	52.83 ± 26.33	*
40	<i>Verbascum sinuatum</i>	55581.66 ± 58646.29	*
41	<i>Vulpia fasciculata</i>	81.16 ± 26.01	81.16 ± 26.01
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i>	31.66 ± 8.62	15.83 ± 4.30

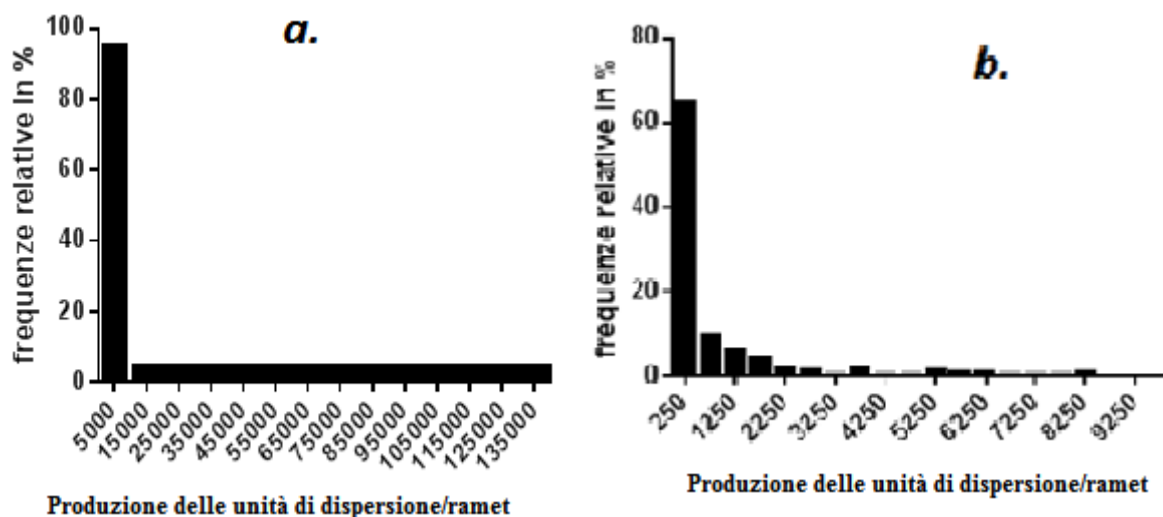


**Figura 3.9.** Numero delle unità di dispersione prodotte per ramet. Per facilitare la lettura dei dati, i box-plot sono stati raggruppati in base al numero massimo prodotto da ciascuna specie. I numeri



riportati lungo l'asse delle ascisse corrispondono alle specie secondo la numerazione indicata in **Tabella 3.1**.

La produzione media per ramet delle unità di dispersione varia da un minimo di 10 unità come nel caso di *Elytrigia juncea* subsp. *juncea* (in cui il ramet corrisponde ad un singolo culmo) ad un massimo di 55587 unità come in *Verbascum sinuatum* (dove si è considerato come ramet l'intera infiorescenza).



**Figura 3.10.** Distribuzione delle frequenze della produzione delle unità di dispersione/ramet. a) Distribuzione delle frequenze totali; b) distribuzione delle frequenze considerando soltanto il primo intervallo (0-10000 unità/ramet).

Analizzando la frequenza della produzione di unità di dispersione per ramet, si è visto come più del 95 % delle specie studiate hanno una produzione concentrata nell'intervallo 0 - 10000 (**Fig. 3.10.a**). Se analizziamo nel dettaglio l'intervallo di frequenze 0 - 10000, si nota come più del 65 % delle specie ha una distribuzione nell'intervallo 0 - 500 (**Fig. 3.10.b**). Maggiori dettagli sulla distribuzione delle frequenze negli intervalli entro le 10000 unità di dispersione/ramet sono riportati nella **Tabella 3.2**.

**Tabella 3.2** Distribuzione delle frequenze in percentuale del numero di unità di dispersione prodotte/ramet basata sulle singole osservazioni nell'intervallo 0 - 10000.

Valore su cui è centrato l'intervallo	% Frequenza
250	65.08
750	9.92
1250	5.95
1750	3.97
2250	1.59
2750	1.19
3250	0.40
3750	1.59
4250	0.40
4750	0.40
5250	1.19
5750	0.79
6250	0.79
6750	0.40
7250	0.40
7750	0.40
8250	0.79
8750	0.00
9250	0.00
9750	0.00

Il test di D'Agostino & Pearson sulla distribuzione di frequenze della variabile numero di unità di dispersione/ramet per i campioni analizzati ha dimostrato che non si tratta di una distribuzione normale (p-value < 0.0001).

### 3.3 PESO FRESCO DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

In **Tabella 3.4** sono riportati i valori relativi al peso fresco delle singole unità di dispersione con o senza appendici di tutte le specie psammofile analizzate. La scelta del numero di unità di dispersione pesate per ogni replica è stata decisa a seconda della loro diversa grandezza. Per ogni specie sono state effettuate 3 repliche.

**Tabella 3.4** Peso fresco (PF) medio di una unità di dispersione (u.d.d.) con e senza appendici espresso in mg  $\pm$  la deviazione standard. Con N° viene indicato il numero di unità di dispersione utilizzate per ciascuna replica per ogni specie.

\* valori non ottenuti per problemi tecnici e limitazione del stock di semi raccolti.

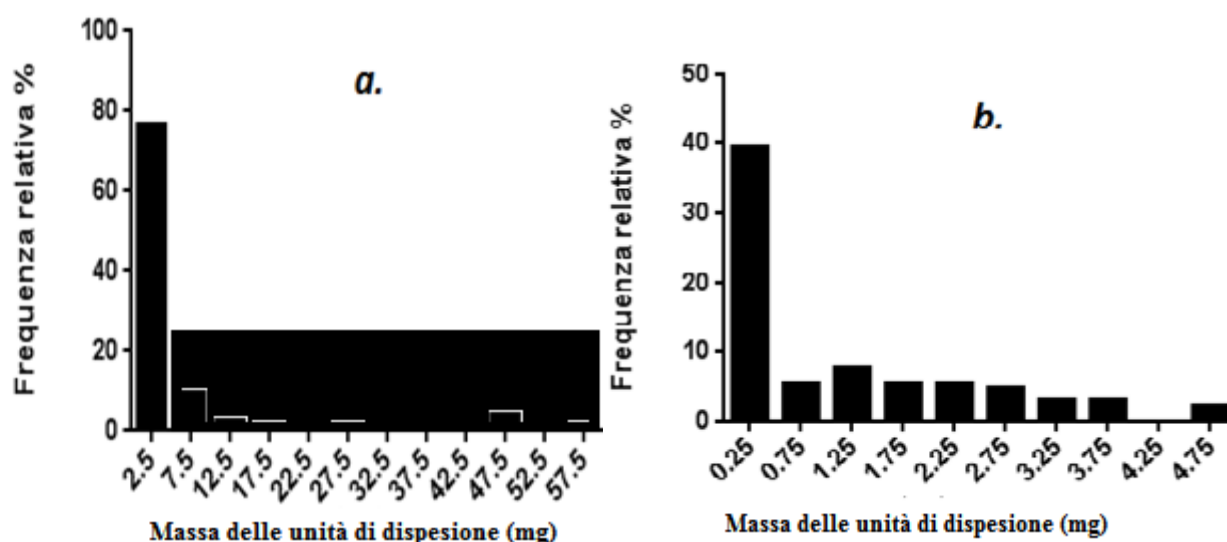
	Specie	N°	PF medio u.d.d. senza appendici (mg)	PF medio u.d.d. con appendici (mg)
1	<i>Achillea maritima</i>	30	0.62 $\pm$ 0.07	*
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	100	1.57 $\pm$ 0.07	*
3	<i>Anthemis maritima</i>	30	1.44 $\pm$ 0.06	*
4	<i>Anisantha sterilis</i>	30	2.13 $\pm$ 0.16	*
5	<i>Cakile maritima</i>	30	5.46 $\pm$ 0.39	*
6	<i>Calystegia soldanella</i>	30	48.05 $\pm$ 1.85	*
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	30	1.53 $\pm$ 0.17	1.77 $\pm$ 0.02
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	200	0.02 $\pm$ 0.00	*
9	<i>Euphorbia peplis</i>	30	3.65 $\pm$ 0.28	*
10	<i>Cutandia maritima</i>	200	0.15 $\pm$ 0.02	*
11	<i>Cynodon dactylon</i>	100	0.09 $\pm$ 0.02	*
12	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	100	0.10 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.01
13	<i>Echinophora spinosa</i>	30	28.42 $\pm$ 3.16	29.27 $\pm$ 2.77
14	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i>	30	6.88 $\pm$ 0.22	*
15	<i>Erigeron canadensis</i>	200	0.03 $\pm$ 0.00	0.03 $\pm$ 0.00
16	<i>Eryngium maritimum</i>	30	19.41 $\pm$ 0.92	20.63 $\pm$ 1.05
17	<i>Euphorbia paralias</i>	30	7.01 $\pm$ 0.24	*
18	<i>Helichrysum stoechas</i>	100	0.05 $\pm$ 0.00	0.06 $\pm$ 0
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	100	0.38 $\pm$ 0.04	0.60 $\pm$ 0.02
20	<i>Lagurus ovatus</i>	100	0.24 $\pm$ 0.01	0.26 $\pm$ 0.02
21	<i>Limbarda crithmoides</i>	100	0.04 $\pm$ 0.00	0.09 $\pm$ 0
22	<i>Lotus hirsutus</i>	30	2.60 $\pm$ 0.36	*
23	<i>Medicago littoralis</i>	30	2.37 $\pm$ 0.2	43.32 $\pm$ 5.89
24	<i>Medicago marina</i>	30	3.52 $\pm$ 0.08	24.88 $\pm$ 1.17
25	<i>Odontites lutea</i>	200	0.23 $\pm$ 0.00	*
26	<i>Oenothera biennis</i>	100	0.33 $\pm$ 0.02	*
27	<i>Ononis variegata</i>	30	1.96 $\pm$ 0.04	*

28	<i>Pancratium maritimum</i>	30	$44.05 \pm 6.34$	*
29	<i>Plantago coronopus</i>	200	$0.11 \pm 0.01$	*
30	<i>Polygonum maritimum</i>	30	$2.57 \pm 0.18$	*
31	<i>Pseudorlaya pumila</i>	30	*	$13.53 \pm 0.24$
32	<i>Lomelosia rutifolia</i>	30	$3.01 \pm 0.15$	*
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>landra</i>	30	$6.33 \pm 0.47$	*
34a	<i>Reichardia picroides</i> (frutti neri)	30	$0.33 \pm 0.05$	*
34b	<i>Reichardia picroides</i> (frutti bianchi)	30	$0.56 \pm 0.06$	*
35	<i>Kali tragus</i>	30	$4.85 \pm 0.06$	$5.93 \pm 0.23$
36	<i>Silene canescens</i>	100	$0.35 \pm 0.02$	*
37	<i>Silene otites</i>	100	$0.41 \pm 0.00$	*
38	<i>Solidago litoralis</i>	30	$0.29 \pm 0.08$	$0.46 \pm 0.07$
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i>	30	$1.03 \pm 0.08$	*
40	<i>Verbascum sinuatum</i>	1000	$0.14 \pm 0.00$	*
41	<i>Vulpia fasciculata</i>	30	$1.30 \pm 0.07$	$2.38 \pm 0.15$
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i>	30	$55.36 \pm 1.66$	$266.18 \pm 33.57$

Il peso fresco delle unità di dispersione senza appendici varia da un valore minimo di  $0.02 \pm 0.00$  mg in *Cerastium ligusticum* ad un massimo di  $55.36 \pm 1.66$  mg di *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (**Tabella 3.4**). Le unità di dispersione meno pesanti hanno mostrato deviazioni standard basse ( $< 1\mu\text{g}$ ); mentre quelle di dimensioni maggiori hanno mostrato una dispersione più ampia, come ad es. *Pancratium maritimum* ( $44.05 \pm 6.34$  mg).

Il peso fresco delle unità di dispersione con appendici varia, invece, tra un minimo di  $0.03 \pm 0.00$  mg di *Erigeron canadensis* ed un massimo di  $266.18 \pm 33.57$  mg per il frutto di *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (**Tabella 3.4**). Similmente, i frutti più leggeri hanno evidenziato deviazioni standard minori (inferiori a  $1\mu\text{g}$ ); mentre quelli più pesanti hanno una dispersione più ampia.





**Figura 3.11.** Distribuzione delle frequenze della massa delle unità di dispersione. a) Distribuzione delle frequenze totali; b) Distribuzione delle frequenze relative al primo intervallo (0-5 mg).

Analizzando la distribuzione delle frequenze relative al peso fresco delle unità di dispersione, si può notare un'elevata frequenza nel primo intervallo 0 - 5 mg (**Fig. 3.11.a**). Se esaminiamo questo intervallo nel dettaglio, vediamo come le specie esaminate abbiano una frequenza superiore al 39% per le unità di dispersione con un peso fresco inferiore a 0.5 mg e delle frequenze minori al 10% per ciascuno degli altri sotto-intervalli (**Fig. 3.11.b**). Maggiori dettagli sulla distribuzione delle frequenze nell'intervallo 0 - 5 mg sono riportati in **Tabella 3.5**.

**Tabella 3.5** Distribuzione delle frequenze relative al peso fresco delle unità di dispersione nell'intervallo 0 - 5 mg.

Valore centrale dell'intervallo	% Frequenza
0.25	39.53
0.75	5.43
1.25	7.75
1.75	5.43
2.25	5.43
2.75	4.65
3.25	3.10
3.75	3.10
4.25	0.00
4.75	2.32

Il test di D'Agostino & Pearson sulla distribuzione di frequenze della variabile peso fresco delle unità di dispersione per i campioni analizzati ha dimostrato che non si tratta di una distribuzione normale ( $p\text{-value} < 0.0001$ ).

### 3.4 DIMENSIONI E FORMA DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

Per tutte le unità di dispersione sono state misurate le 3 dimensioni per la stima della media della lunghezza, larghezza e spessore. Per ogni specie sono state misurate 30 unità scelte in maniera casuale. I risultati di queste misure sono state riassunte in **Tabella 3.7**.

**Tabella 3.7** Media e deviazione standard delle 3 dimensioni delle unità di dispersione (u.d.d) e indice di forma (Forma). Abbreviazioni: L= Lunghezza ; l= larghezza; s= spessore; N = frutti neri; B = frutti bianchi.

N°	Specie	L (mm)	l (mm)	s (mm)	Forma
1	<i>Achillea maritima</i> (senza appendici)	3.94 ± 0.43	1.59 ± 0.37	1.04 ± 0.17	0.15
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i> (senza appendici)	11.05 ± 0.75	1.57 ± 0.11	1.42 ± 0.11	0.25
3	<i>Anthemis maritima</i> (senza appendici)	2.53 ± 0.261	1.39 ± 0.228	1.28 ± 0.21	0.08
4	<i>Anisantha sterilis</i> (senza appendici)	10.53 ± 0.63	1.210 ± 0.10	0.37 ± 0.06	0.29
5	<i>Cakile maritima</i> (senza appendici)	4.45 ± 0.31	1.973 ± 0.15	1.19 ± 0.09	0.15
6	<i>Calystegia soldanella</i> (senza appendici)	5.81 ± 0.53	4.88 ± 0.41	4.34 ± 0.33	0.02
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i> (senza appendici)	2.78 ± 0.19	1.25 ± 0.08	0.89 ± 0.05	0.13
8	<i>Cerastium ligusticum</i> (senza appendici)	0.42 ± 0.04	0.37 ± 0.04	0.28 ± 0.03	0.03
9	<i>Euphorbia peplis</i> (senza appendici)	2.90 ± 0.20	1.92 ± 0.14	1.76 ± 0.12	0.04
10	<i>Cutandia maritima</i> (senza appendici)	1.91 ± 0.12	0.45 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.21
11	<i>Cynodon dactylon</i> (senza appendici)	1.89 ± 0.09	0.71 ± 0.04	0.44 ± 0.05	0.17
12	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i> (senza appendici)	2.07 ± 0.17	0.55 ± 0.06	0.40 ± 0.06	0.20
13	<i>Echinophora spinosa</i> (senza appendici)	10.54 ± 1.27	3.44 ± 0.38	3.08 ± 0.36	0.16
14	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i> (senza appendici)	7.14 ± 0.80	1.59 ± 0.17	1.10 ± 0.14	0.22
15	<i>Erigeron canadensis</i> (senza appendici)	1.20 ± 0.06	0.29 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.22
16	<i>Eryngium maritimum</i> (senza appendici)	8.99 ± 0.63	6.05 ± 0.60	1.89 ± 0.27	0.16
17	<i>Euphorbia paralias</i> (senza appendici)	3.46 ± 0.11	2.98 ± 0.12	2.81 ± 0.10	0.01
18	<i>Helichrysum stoechas</i> (senza appendici)	0.78 ± 0.5	0.34 ± 0.03	0.28 ± 0.04	0.12

19	<i>Hypochaeris radicata</i> (senza appendici)	3.84 ± 0.35	0.54 ± 0.05	0.49 ± 0.06	0.25
20	<i>Lagurus ovatus</i> (senza appendici)	3.41 ± 0.38	0.56 ± 0.06	0.40 ± 0.07	0.25
21	<i>Limbarda crithmoides</i> (senza appendici)	1.69 ± 0.22	0.26 ± 0.05	0.18 ± 0.03	0.25
22	<i>Lotus hirsutus</i> (senza appendici)	1.19 ± 0.08	0.96 ± 0.07	0.57 ± 0.10	0.07
23	<i>Medicago littoralis</i> (seme)	3.03 ± 0.25	1.65 ± 0.20	0.76 ± 0.09	0.14
24	<i>Medicago marina</i> (seme)	2.54 ± 0.18	1.64 ± 0.09	1.24 ± 0.12	0.07
25	<i>Odontites lutea</i> (senza appendici)	1.46 ± 0.13	0.69 ± 0.07	0.58 ± 0.07	0.11
26	<i>Oenothera biennis</i> (appendici)	1.75 ± 0.14	1.15 ± 0.14	0.90 ± 0.12	0.06
27	<i>Ononis variegata</i> (senza appendici)	1.69 ± 0.08	1.50 ± 0.08	1.11 ± 0.09	0.03
28	<i>Pancratium maritimum</i> (senza appendici)	10.86 ± 1.32	7.91 ± 0.90	5.82 ± 1.18	0.05
29	<i>Plantago coronopus</i> (senza appendici)	0.95 ± 0.06	0.57 ± 0.05	0.37 ± 0.03	0.10
30	<i>Polygonum maritimum</i> (senza appendici)	3.64 ± 0.31	2.51 ± 0.20	2.13 ± 0.18	0.05
32	<i>Lomelosia rutifolia</i> (senza appendici)	4.45 ± 0.21	2.26 ± 0.22	1.49 ± 0.16	0.12
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>landra</i> (senza appendici)	2.95 ± 0.23	2.39 ± 0.31	1.63 ± 0.35	0.05
34a	<i>Reichardia picroide</i> N (senza appendici)	2.16 ± 0.29	1.00 ± 0.15	0.84 ± 0.10	0.11
34b	<i>Reichardia picroides</i> B (senza appendici)	3.04 ± 0.23	0.89 ± 0.19	0.85 ± 0.19	0.17
35	<i>Kali tragus</i> (senza appendici)	2.57 ± 0.15	2.45 ± 0.21	1.49 ± 0.17	0.05
36	<i>Silene canescens</i> (senza appendici)	1.20 ± 0.07	1.10 ± 0.07	0.42 ± 0.05	0.13
37	<i>Silene otites</i> (senza appendici)	1.12 ± 0.09	0.88 ± 0.06	0.63 ± 0.08	0.05
38	<i>Solidago litoralis</i> (senza appendici)	3.99 ± 0.78	0.61 ± 0.10	0.46 ± 0.10	0.25
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i> (senza appendici)	1.78 ± 0.13	1.29 ± 0.07	1.17 ± 0.08	0.03
40	<i>Verbascum sinuatum</i> (senza appendici)	0.98 ± 0.10	0.64 ± 0.076	0.50 ± 0.08	0.06
41	<i>Vulpia fasciculata</i> (senza appendici)	5.27 ± 0.36	0.66 ± 0.04	0.57 ± 0.08	0.26
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i> (seme)	12.31 ± 1.88	4.02 ± 0.55	1.87 ± 0.27	0.20
43	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i> (con appendici)	3.64 ± 0.15	1.85 ± 0.19	1.85 ± 0.19	0.08
44	<i>Erigeron canadensis</i> (con appendici)	4.50 ± 0.67	4.50 ± 0.67	3.74 ± 0.29	0.01
45	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i> (con appendici)	7.48 ± 0.52	6.42 ± 0.75	6.42 ± 0.75	0.01
46	<i>Echinophora spinosa</i> (con appendici)	14.16 ± 1.04	3.95 ± 0.83	3.15 ± 0.36	0.19

47	<i>Eryngium maritimum</i> (con appendici)	11.85 ± 0.99	6.09 ± 0.58	4.81 ± 0.97	0.10
48	<i>Helichrysum stoechas</i> (con appendici)	5.84 ± 0.48	5.84 ± 0.48	3.76 ± 0.27	0.04
49	<i>Hypochaeris radicata</i> (con appendici)	13.12 ± 2.19	10.07 ± 1.96	10.07 ± 1.96	0.02
50	<i>Lagurus ovatus</i> (con appendici)	11.30 ± 2.28	4.22 ± 1.60	1.57 ± 0.93	0.20
51	<i>Limbarda crithmoides</i> (con appendici)	5.72 ± 0.45	3.87 ± 0.81	3.87 ± 0.81	0.03
52	<i>Medicago littoralis</i> (Frutto)	8.65 ± 1.04	7.80 ± 0.95	7.50 ± 1.22	0.01
53	<i>Medicago marina</i> (Frutto)	6.55 ± 0.48	6.18 ± 0.45	5.71 ± 0.61	0.01
54	<i>Pseudorhiza pumila</i> (con appendici)	10.26 ± 0.93	8.82 ± 0.95	3.54 ± 0.58	0.12
55	<i>Kali tragus</i> (con appendici)	6.06 ± 1.30	5.26 ± 1.13	3.16 ± 0.39	0.06
56	<i>Solidago litoralis</i> (con appendici)	9.53 ± 0.99	6.94 ± 1.82	6.94 ± 1.82	0.02
57	<i>Vulpia fasciculata</i> (con appendici)	39.80 ± 3.83	1.83 ± 0.75	0.73 ± 0.09	0.31
58	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i> (Frutto)	24.70 ± 2.77	14.94 ± 1.45	14.34 ± 1.42	0.06

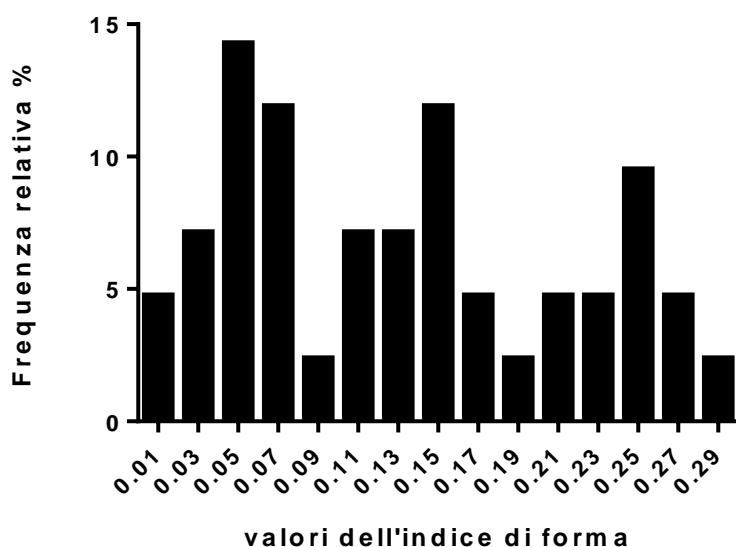
Per quanto riguarda le unità di dispersione senza appendici (**Tabella 3.7**), la lunghezza media varia tra 0.37 e 12.31 mm; la larghezza media varia tra 0.22 e 7.91 mm e lo spessore medio varia tra 0.13 e 5.82 mm. I semi di maggiori dimensioni sono risultati quelli di *Pancratium maritimum* (L = 10.86, l = 7.91, s = 5.82 mm) e di *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (L = 12.31, l = 4.02, s = 1.86 mm); mentre le unità con le dimensioni minori sono i semi di *Cerastium ligusticum* (L = 0.37, l = 0.32, s = 0.24 mm) e le unità di dispersione senza appendice di *Erigeron canadensis* (L = 1.05, l = 0.26, s = 0.14 mm) e *Limbarda crithmoides* (L = 1.48, l = 0.22, s = 0.16 mm).

Per le unità di dispersione con appendici (**Tabella 3.7**), la lunghezza media varia tra 3.64 e 39.80 mm; la larghezza tra 1.83 e 14.93 mm e lo spessore tra 0.73 e 14.33 mm. Le unità di dispersione con le dimensioni maggiori sono rappresentate da *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (L = 24.71, l = 14.93, s = 14.33 mm) e da *Vulpia fasciculata* (L = 39.80, l = 1.83, s = 0.73 mm). Valori minimi, invece, sono stati osservati in *Centaurea aplolepa* subsp. *subciliata* (L = 3.64, l = 1.85, s = 1.85 mm) e in *Erigeron canadensis* (L = 3.94, l = 3.93, s = 3.27 mm).

Nella **Tabella 3.7** sono riassunti i valori dell'indice di forma delle unità di dispersione analizzate. Per quanto riguarda le unità di dispersione senza appendici, i valori massimi sono stati ottenuti per *Anisantha sterilis* che ha unità di dispersione di forma allungata con un valore di 0.28, invece i valori più bassi si sono registrati in *Euphorbia paralias* che ha unità di dispersione quasi sferiche con un valore dell'indice di forma pari a 0.01. Per le unità di dispersione con appendice il massimo



è stato ottenuto per *Vulpia fasciculata* con un valore di 0.31 e il minimo di 0.01 per i frutti di *Medicago marina*.



**Figura 3.12.** Distribuzione delle frequenze del numero di specie secondo gli intervalli dei valori dell'indice di forma.

Analizzando la distribuzione delle frequenze relative ai valori dell'indice di forma (**Fig. 3.12**), si può notare come le unità di dispersione che hanno forma quasi sferica (ad es. *Euphorbia paralias*) oppure ovale o anche leggermente allungata hanno dei valori dell'indice di forma che variano tra 0.01 e 0.08. Le unità di dispersione, invece, caratterizzate da una forma più allungata o cilindrica presentano un valore dell'indice di forma che varia tra 0.10 e 0.17. Infine, le unità di dispersione che hanno una dimensione dominante rispetto alle altre due (ad es. forma allungata come nel caso di *Anisantha sterilis*) hanno un indice di forma che varia tra 0.20 e 0.29. A differenza delle altre variabili, la distribuzione dell'indice di forma non mostra un unico intervallo che prevale sugli altri (**Fig. 3.12** e **Tabella 3.8**).

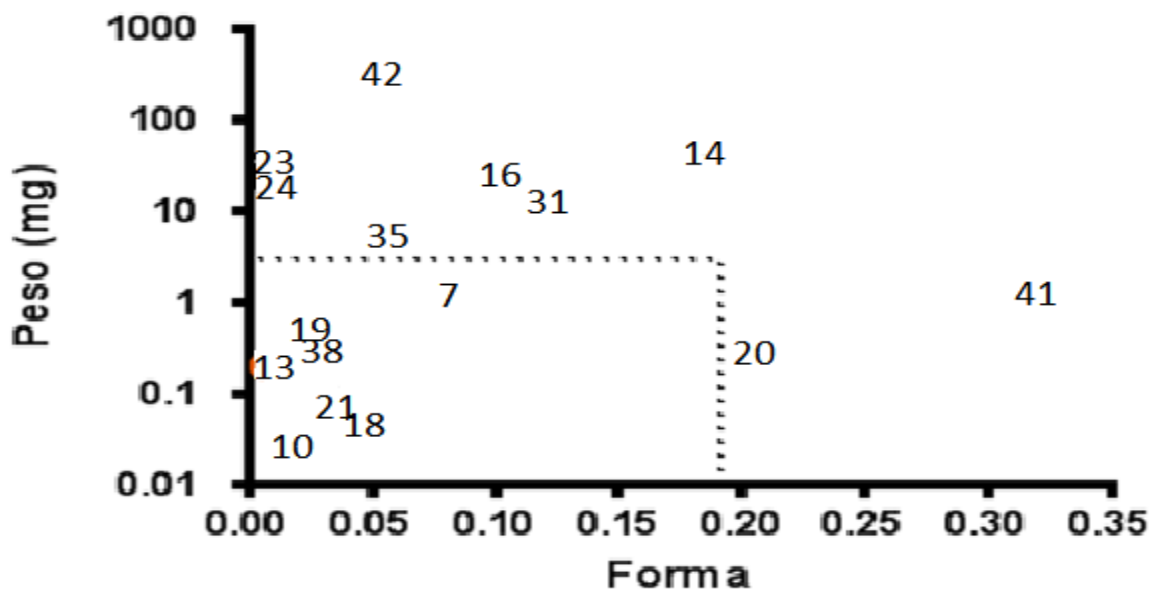
**Tabella 3.8** Distribuzione delle frequenze per l'indice di forma.

Valore centrale dell'indice di forma	% Frequenza
0.01	4.76
0.03	7.14
0.05	14.28
0.07	11.90
0.09	2.38
0.11	7.14
0.13	7.14
0.15	11.90
0.17	4.76
0.19	2.38
0.21	4.76
0.23	4.76
0.25	9.52
0.27	4.76
0.29	2.38

Il test di D'Agostino & Pearson sulla distribuzione di frequenze della variabile indice di forma delle unità di dispersione per i campioni analizzati ha dimostrato che non si tratta di una distribuzione normale ( $p\text{-value} = 0.0181$ ).

### **3.5 PERSISTENZA NELLA BANCA SEMI**

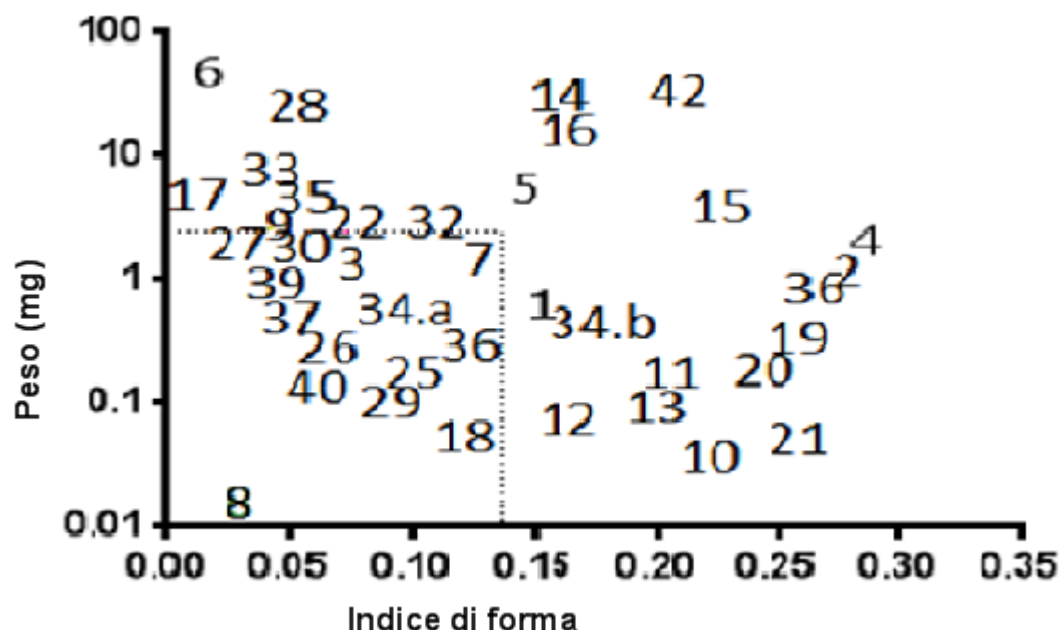
Secondo *Thompson et al.* (1993), il peso fresco delle unità di dispersione e il loro indice di forma sono dei buoni indicatori per stimare la persistenza nella banca semi del suolo. Nella rappresentazione grafica le unità di dispersione che ricadono all'interno dell'area delimitata dalle linee tratteggiate dovrebbero avere una lunga persistenza.



**Figura 3.13.** Relazione tra il peso dell'unità di dispersione con appendici e l'indice di forma per la stima della persistenza nella banca semi del suolo.

Lungo l'asse delle ordinate la variazione del peso viene rappresentata usando una scala logaritmica. Per la numerazione delle specie vedere la **Tabella 3.1**.

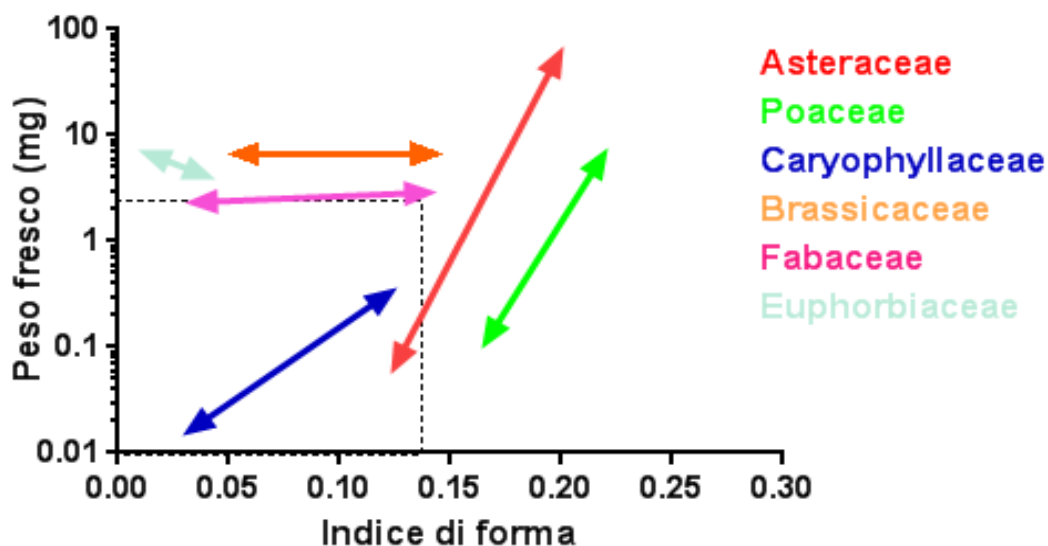
Le unità di dispersione con appendici delle psammofite che hanno un indice di forma basso e una massa bassa ricadono all'interno del limite stabilito da Thompson *et al.* (1993), mentre quelle che presentano un indice di forma elevato e un peso alto si trovano al di fuori di tale area (**Fig. 3.13**). Tuttavia, alcune specie, come *Medicago littoralis* o *Medicago marina* (rispettivamente con i numeri 23 e 24 in **Fig. 3.13**) che hanno una forma quasi sferica e un indice di forma molto basso, hanno però una massa elevata e ricadono fuori da questi limiti.



**Figura 3.14.** Relazione tra il peso dell'unità di dispersione senza appendici e il relativo indice di forma per la stima della persistenza nella banca semi del suolo. Lungo l'asse delle ordinate la variazione del peso viene rappresentata usando una scala logaritmica. Per la numerazione delle specie vedere la **Tabella 3.1**.

Le unità di dispersione senza appendici delle psammofite, come ad es. *Euphorbia paralias* o *Calystegia soldanella* (rappresentate in figura rispettivamente con i numeri 17 e 6), che hanno una forma quasi sferica, ma un peso elevato ricadono fuori dai limiti (**Fig. 3.14**). Unità di dispersione leggere e con forma quasi sferica come i semi di *Verbascum sinuatum* (40) si ritrovano in questi limiti e hanno una lunga persistenza (**Fig. 3.14**). Al contrario, semi con forma allungata come quelli di *Anisantha sterilis* (4) sono fuori dai limiti. Risulta interessante notare come i frutti di *Reichardia picroides* abbiano una diversa stima della persistenza: quelli bianchi (34b) sono fuori dai limiti descritti da Thompson, mentre quelli neri (34a) sono dentro i limiti (**Fig. 3.14**).





**Figura 3.15.** Andamento della relazione tra peso fresco e indice di forma delle unità di dispersione senza appendici all'interno delle famiglie studiate.

In **Fig. 3.15** le linee rappresentano la variabilità nella stessa famiglia, partendo dalle specie con valori di peso fresco e di indice di forma più bassi (maggiore persistenza nella banca semi) alle specie che presentano i valori più elevati (minore persistenza). Le Asteraceae sono rappresentate da 12 specie, le Poaceae da 7 specie, le Fabaceae da 4 specie, le Caryophyllaceae da 3 specie, le Brassicaceae e le Euphorbiaceae da 2 specie. Le famiglie rappresentate con meno di 2 specie non sono state riportate. Si nota un andamento per ciascuna famiglia.

### 3.6 CONTENUTO IDRICO E CONTENUTO IN OLI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE

#### 3.6.1 CONTENUTO IDRICO

In **Tabella 3.10** sono riportate le medie dei contenuti idrici in % delle unità di dispersione dopo trattamento in stufa a 103 °C per 17 ore.

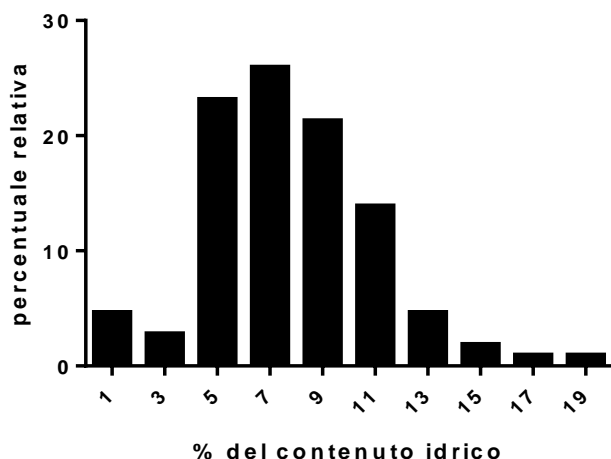
**Tabella 3.10** Contenuto idrico in % delle unità di dispersione (u.d.d.) senza e con appendici dopo il trattamento in stufa a 103 °C per 17 ore. Per ogni specie viene riportata la media e la deviazione standard ricavate da 3 repliche (il numero delle unità di dispersione per ciascuna replica è riportato in **Tabella 3.4**).

\* Valori non ottenuti a causa di problemi tecnici.

N°	Specie	% del contenuto idrico nelle u.d.d. senza appendici	% del contenuto idrico nelle u.d.d. con appendici
1	<i>Achillea maritima</i>	7.15 ± 1.52	*
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	9.43 ± 0.61	*
3	<i>Anthemis maritima</i>	7.03 ± 0.77	*
4	<i>Anisantha sterilis</i>	11.20 ± 0.71	*
5	<i>Cakile maritima</i>	4.48 ± 0.17	*
6	<i>Calystegia soldanella</i>	9.26 ± 1.02	*
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	6.03 ± 0.04	5.49 ± 0.72
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	13.74 ± 1.48	*
9	<i>Euphorbia peplis</i>	5.48 ± 0.06	*
10	<i>Erigeron canadensis</i>	6.47 ± 0.95	10.21 ± 1.58
11	<i>Cutandia maritima</i>	10.11 ± 0.84	*
12	<i>Cynodon dactylon</i>	6.73 ± 3.09	*
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	14.32 ± 6.49	9.38 ± 1.60
14	<i>Echinophora spinosa</i>	8.34 ± 0.07	8.69 ± 0.22
15	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i>	4.58 ± 0.68	*
16	<i>Eryngium maritimum</i>	7.53 ± 0.28	26.58 ± 7.15
17	<i>Euphorbia paralias</i>	7.46 ± 0.46	*
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	4.28 ± 2.80	7.04 ± 1.86
20	<i>Lagurus ovatus</i>	1.24 ± 0.49	11.72 ± 0.49
21	<i>Limbarda crithmoides</i>	*	28.74 ± 6.67
22	<i>Lotus hirsutus</i>	3.47 ± 1.16	*
23	<i>Medicago littoralis</i>	15.43 ± 0.91	23.51 ± 0.70
24	<i>Medicago marina</i>	5.61 ± 0.42	7.10 ± 0.32
25	<i>Odontites lutea</i>	6.84 ± 0.78	*
26	<i>Oenothera biennis</i>	11.22 ± 1.75	*
27	<i>Ononis variegata</i>	0.58 ± 0.24	*
28	<i>Pancratium maritimum</i>	8.94 ± 0.52	*
29	<i>Plantago coronopus</i>	9.48 ± 1.34	*
30	<i>Polygonum maritimum</i>	9.08 ± 3.58	*
31	<i>Pseudorlaya pumila</i>	*	10.97 ± 0.11

32	<i>Lomelosia rutifolia</i>	$9.99 \pm 0.13$	*
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>landra</i>	$5.93 \pm 0.19$	*
34a	<i>Reichardia picroides</i> (frutti neri)	$7.35 \pm 2.55$	*
34b	<i>Reichardia picroides</i> (frutti bianchi)	$7.05 \pm 1.56$	*
35	<i>Kali tragus</i>	$7.08 \pm 0.37$	$8.54 \pm 0.11$
36	<i>Silene canescens</i>	$11.85 \pm 1.56$	*
37	<i>Silene otites</i>	$10.78 \pm 1.56$	*
38	<i>Solidago litoralis</i>	$9.00 \pm 0.00$	$6.86 \pm 3.53$
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i>	$5.27 \pm 0.89$	*
40	<i>Verbascum sinuatum</i>	$7.34 \pm 0.22$	*
41	<i>Vulpia fasciculata</i>	$11.06 \pm 0.74$	$13.44 \pm 0.68$
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i>	$8.08 \pm 0.41$	*

Le unità di dispersione con appendici presentano un contenuto idrico più elevato rispetto a quello delle unità senza le appendici (ad esempio *Kali tragus*). Per le specie per cui abbiamo misurato il contenuto idrico nei frutti e nei semi si nota un contenuto idrico più elevato nei frutti, esempio *Medicago marina* o *Medicago litoralis*. Per quanto riguarda le unità di dispersione con appendice, il valore massimo è stato registrato in *Limbarda crithmoides* con il 28.73 % e nei frutti di *Medicago litoralis* con il 23.50 %.



**Figura 3.16.** Distribuzione della frequenze delle specie secondo il contenuto idrico % delle unità di dispersione senza appendici.

Se analizziamo la distribuzione delle specie secondo gli intervalli del contenuto idrico % di ciascuna specie ottenuti per le loro unità di dispersione senza appendici (**Fig. 3.16**), possiamo notare come la maggior parte delle unità di dispersione presentino un contenuto idrico tra il 4 - 12 %. Vi sono poche specie che presentano un contenuto idrico nelle unità di dispersione o inferiore al 4 % o superiore al 12%. In **Tabella 3.11** vengono riportati nel dettaglio i dati relativi alla distribuzione mostrata in **Fig. 3.16**.

**Tabella 3.11** Distribuzione della frequenza per i diversi intervalli del contenuto idrico % delle unità di dispersione senza appendici.

Valore centrale dell'intervallo	% Frequenza
1	4.63
3	2.78
5	23.15
7	25.92
9	21.30
11	13.89
13	4.63
15	1.85
17	0.92
19	0.92

Il test di D'Agostino & Pearson sulla distribuzione di frequenze della variabile contenuto idrico % delle unità di dispersione senza appendici per i campioni analizzati ha dimostrato che non si tratta di una distribuzione normale (p-value = 0.0146).



### 3.6.2 CONTENUTO IN OLI

In **Tabella 3.13** sono riportate le medie del contenuto % in oli delle unità di dispersione dopo trattamento in stufa a 130 °C per 2 ore.

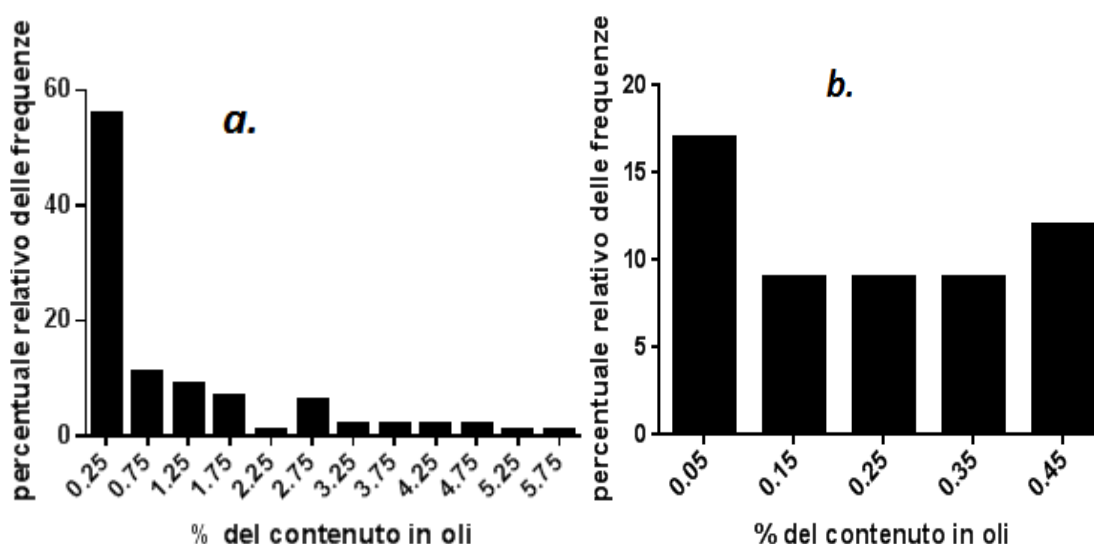
**Tabella 3.13** Contenuto % in oli delle unità di dispersione (u.d.d.) senza e con appendici dopo il trattamento in stufa a 130 °C per 2 ore. Per ogni specie viene riportata la media e la deviazione standard ricavate da 3 repliche. (il numero delle unità di dispersione per ciascuna replica è riportato in **Tabella 3.4**).

\* Valori non ottenuti a causa di problemi tecnici.

N°	Specie	% del contenuto in oli nelle u.d.d. senza appendici	% del contenuto in oli nelle u.d.d. con appendici
1	<i>Achillea maritima</i>	0.91 ± 0.21	*
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	0.33 ± 0.26	*
3	<i>Anthemis maritima</i>	2.73 ± 1.27	*
4	<i>Anistha sterilis</i>	0.17 ± 0.10	*
5	<i>Cakile maritima</i>	0.43 ± 0.33	*
6	<i>Calystegia soldanella</i>	0.40 ± 0.08	*
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	0.71 ± 0.43	1.86 ± 0.94
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	4.39 ± 1.65	*
9	<i>Euphorbia peplis</i>	0.26 ± 0.03	*
10	<i>Erigeron canadensis</i>	*	0.71 ± 1.01
11	<i>Cutandia maritima</i>	1.36 ± 0.48	*
12	<i>Cynodon dactylon</i>	4.19 ± 0.58	*
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	0.00 ± 0.00	2.99 ± 1.01
14	<i>Echinophora spinosa</i>	0.41 ± 0.11	0.32 ± 0.09
15	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i>	0.12 ± 0.03	*
16	<i>Eryngium maritimum</i>	0.18 ± 0.05	0.79 ± 0.11
17	<i>Euphorbia paralias</i>	0.42 ± 0.24	*
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	2.52 ± 0.01	5.14 ± 1.07
20	<i>Lagurus ovatus</i>	0.45 ± 0.00	1.45 ± 0.45
21	<i>Limbarda crithmoides</i>	*	4.45 ± 0.14
22	<i>Lotus hirsutus</i>	1.48 ± 0.35	*
23	<i>Medicago littoralis</i>	0.39 ± 0.25	0.56 ± 0.19
24	<i>Medicago marina</i>	0.15 ± 0.07	0.58 ± 0.27
25	<i>Odontites lutea</i>	0.23 ± 0.33	*
26	<i>Oenothera biennis</i>	0.12 ± 0.22	*

27	<i>Ononis variegata</i>	0.00 ± 0.00	*
28	<i>Pancratium maritimum</i>	0.21 ± 0.18	*
29	<i>Plantago coronopus</i>	0.99 ± 0.76	*
30	<i>Polygonum maritimum</i>	1.03 ± 1.07	*
31	<i>Pseudorlaya pumila</i>	*	0.72 ± 0.12
32	<i>Lomelosia rutifolia</i>	2.48 ± 0.13	*
33	<i>Raphanus raphanistrum subsp. landra</i>	1.07 ± 0.49	*
34a	<i>Reichardia picroides</i> (frutti neri)	2.88 ± 1.80	*
35	<i>Kali tragus</i>	0.52 ± 0.22	0.38 ± 0.28
36	<i>Silene canescens</i>	4.40 ± 0.95	*
37	<i>Silene otites</i>	0.55 ± 0.47	*
38	<i>Solidago litoralis</i>	0.55 ± 0.00	0.77 ± 0.03
39	<i>Teucrium capitatum subsp. capitatum</i>	2.27 ± 1.06	*
40	<i>Verbascum sinuatum</i>	0.49 ± 0.04	*
41	<i>Vulpia fasciculata</i>	0.17 ± 0.15	*
42	<i>Xanthium orientale subsp. italicum</i>	0.04 ± 0.00	*

I valori di contenuto in oli sono stati osservati in *Silene canescens*, *Cerastium ligusticum* e *Cynodon dactylon* con valori poco superiori al 4 %, i valori minimi, invece, sono stati registrati in *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa* e *Ononis variegata* con lo 0 % e *Xanthium orientale* subsp. *italicum* con lo 0.04 % (**Tab. 3.13**).



**Figura 3.18.** Distribuzione di frequenze delle specie secondo il contenuto in oli delle unità di dispersione. a) Distribuzione delle frequenze totali; b) Distribuzione delle frequenze relative al primo intervallo (0 - 0.5 %).

Analizzando la distribuzione delle frequenze relative al contenuto in oli delle unità di dispersione, si può notare un'elevata frequenza (56 % della distribuzione) nel primo intervallo 0 - 0.5 % (**Fig. 3.18.a**). Se esaminiamo questo intervallo nel dettaglio, vediamo come le specie esaminate siano quasi omogeneamente distribuite nei sotto-intervalli, con frequenze tra il 9 e il 17 % (**Fig. 3.18.b**). Maggiori dettagli sulla distribuzione delle frequenze sono riportati in **Tabella 3.14**.

**Tabella 3.14** Distribuzione delle frequenze per il contenuto in oli.

Valore centrale dell'intervallo	% Frequenza
0.25	56.00
0.75	11.00
1.25	9.00
1.75	7.00
2.25	1.00
2.75	6.00
3.25	2.00
3.75	2.00
4.25	2.00
4.75	2.00
5.25	1.00
5.75	1.00

### 3.7 ANALISI MULTIVARIATA DEI DATI

Date le differenze dei risultati ottenuti tra i semi di alcune specie e i loro corrispondenti frutti, i loro dati sono trattati statisticamente in modo separato.

**Tabella 3.16** Matrice utilizzata per l'analisi statistica multivariata relativa alle unità di dispersione senza appendici. Per ogni carattere viene riportato il valore medio di ogni specie. Abbreviazioni: numero di dispersuli (numero medio delle unità di dispersione prodotte per ramet), indice di forma (IF), peso fresco (FW, fresh weight), CI (contenuto idrico %), CO (contenuto in oli %).

N°	Specie	Numero di dispersuli	IF	FW	CI	CO
1	<i>Achillea maritima</i>	68.83	0.15	0.62	7.15	0.91
2	<i>Ammophila arenaria</i> subsp. <i>arundinacea</i>	149.17	0.25	1.57	9.43	0.33
3	<i>Anthemis maritima</i>	161.50	0.08	1.44	7.03	2.73
4	<i>Anisantha sterilis</i>	259.00	0.29	2.13	11.20	0.17
5	<i>Cakile maritima</i>	2165.00	0.15	5.46	4.48	0.43
6	<i>Calystegia soldanella</i>	21.00	0.02	48.05	9.26	0.40
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	4645.67	0.13	1.53	6.03	0.71
8	<i>Cerastium ligusticum</i>	251.50	0.03	0.02	13.74	4.39
9	<i>Euphorbia peplis</i>	139.33	0.04	3.65	5.48	0.26
11	<i>Cutandia maritima</i>	196.94	0.21	0.15	10.11	1.36
12	<i>Cynodon dactylon</i>	118.83	0.17	0.09	6.73	4.19
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	1243.43	0.20	0.10	14.32	0.00
14	<i>Echinophora spinosa</i>	60.17	0.16	28.42	8.34	0.41
15	<i>Elytrigia juncea</i> subsp. <i>juncea</i>	10.83	0.22	6.88	4.58	0.12
16	<i>Eryngium maritimum</i>	594.67	0.16	19.41	7.53	0.18
17	<i>Euphorbia paralias</i>	20.50	0.01	7.01	7.46	0.42
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	434.33	0.25	0.38	4.28	2.52
20	<i>Lagurus ovatus</i>	33.00	0.25	0.24	1.24	0.45
22	<i>Lotus hirsutus</i>	120.00	0.07	2.60	3.47	1.48
23	<i>Medicago littoralis</i>	112.83	0.14	2.37	15.43	0.39
24	<i>Medicago marina</i>	106.00	0.07	3.52	5.61	0.15
25	<i>Odontites lutea</i>	9501.41	0.11	0.23	6.84	0.23
26	<i>Oenothera biennis</i>	47021.83	0.06	0.33	11.22	0.12
28	<i>Pancratium maritimum</i>	47.83	0.05	44.05	8.94	0.21

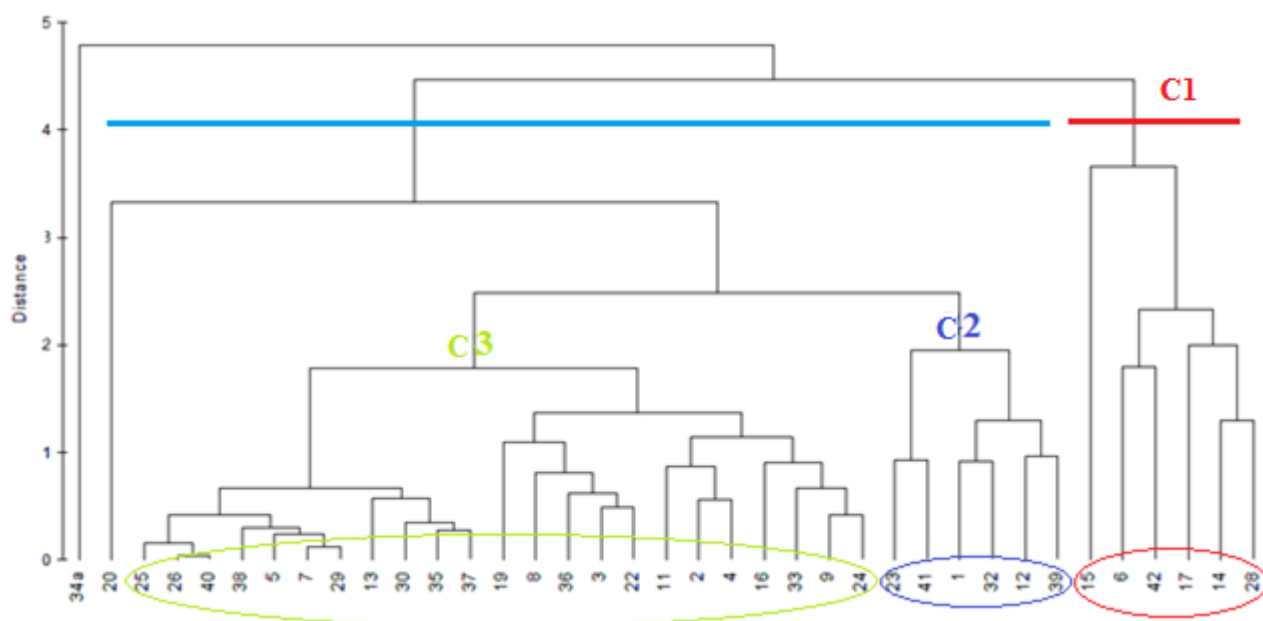


29	<i>Plantago coronopus</i>	4178.17	0.10	0.11	9.48	0.99
30	<i>Polygonum maritimum</i>	698.67	0.05	2.57	9.08	1.03
32	<i>Lomelosia rutifolia</i>	127.33	0.12	3.01	9.99	2.48
33	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>landra</i>	220.00	0.05	6.33	5.93	1.07
34a	<i>Reichardia picroides</i> (frutti neri)	25.67	0.11	0.34	7.35	2.88
35	<i>Kali tragus</i>	1118.50	0.05	4.85	7.08	0.52
36	<i>Silene canescens</i>	420.67	0.13	0.35	11.85	4.40
37	<i>Silene otites</i>	1007.83	0.05	0.41	10.78	0.55
38	<i>Solidago litoralis</i>	2160.67	0.25	0.29	9.00	0.55
39	<i>Teucrium capitatum</i> subsp. <i>capitatum</i>	52.83	0.03	1.03	5.27	2.27
40	<i>Verbascum sinuatum</i>	55581.67	0.06	0.14	7.34	0.49
41	<i>Vulpia fasciculata</i>	81.17	0.26	1.30	11.06	0.17
42	<i>Xanthium orientale</i> subsp. <i>italicum</i>	31.67	0.20	55.36	8.08	0.04

**Tabella 3.17** Matrice utilizzata per l'analisi statistica multivariata relativa alle unità di dispersione con appendici. Per ogni carattere viene riportato il valore medio di ogni specie. Abbreviazioni: numero di dispersuli (numero medio delle unità di dispersione prodotte per ramet), indice di forma (IF), peso fresco (FW, fresh weight), CI (contenuto idrico %), CO (contenuto in oli %).

N°	Specie	Numero di dispersuli	IF	FW	CI	CO
7	<i>Centaurea aplolepa</i> subsp. <i>subciliata</i>	4645.67	0.08	1.77	5.49	1.86
13	<i>Dittrichia viscosa</i> subsp. <i>viscosa</i>	1243.43	0.01	0.21	9.38	2.99
14	<i>Echinophora spinosa</i>	60.17	0.19	29.27	8.69	0.41
16	<i>Eryngium maritimum</i>	594.67	0.10	20.63	26.58	0.79
19	<i>Hypochaeris radicata</i>	434.33	0.02	0.60	7.04	5.14
20	<i>Lagurus ovatus</i>	33.00	0.20	0.26	11.72	1.45
21	<i>Limbarda crithmoides</i>	131.67	0.03	0.09	28.74	4.45
23	<i>Medicago littoralis</i>	22.83	0.00	43.32	23.51	0.56
24	<i>Medicago marina</i>	34.83	0.00	24.88	7.10	0.58
31	<i>Pseudorlaya pumila</i>	17.33	0.12	13.53	10.97	0.72
35	<i>Kali tragus</i>	1118.50	0.06	5.93	8.54	0.38
38	<i>Solidago litoralis</i>	2160.67	0.02	0.46	6.86	0.77

### 3.7.1 ANALISI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE SENZA APPENDICI



**Figura 3.18.** Dendrogramma ottenuto dalla cluster analysis della matrice specie x caratteri delle unità di dispersione senza appendici dopo la standardizzazione dei dati, trasformazione quadratica e usando la distanza euclidea come coefficiente di similarità. I numeri delle specie nel dendrogramma corrispondono a quelli utilizzati nella **Tabella 3.16**.

La cluster analysis ha messo in evidenza tre gruppi funzionali (**Fig. 3.18**):

- Un primo gruppo (C1), composto da *Calystegia soldanella* (6), *Echinophora spinosa* (14), *Elytrigia juncea* subsp. *juncea* (15), *Euphorbia paralias* (17), *Pancratium maritimum* (28), *Xanthium orientale* subsp. *italicum* (42). Questo gruppo è costituito da specie che si trovano nella zona delle dune embrionali o mobili.
- Il secondo gruppo (C2) è composto da *Achillea maritima* (1), *Cynodon dactylon* (12), *Lomelosia rutifolia* (32), *Medicago littoralis* (23), *Teucrium capitatum* subsp. *capitatum* (39), *Vulpia fasciculata* (41), ed è caratterizzato da piante che si sviluppano nella zona retrodunale.
- Il terzo gruppo (C3), invece, è composto da *Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea* (2), *Anisantha sterilis* (4), *Anthemis maritima* (3), *Cakile maritima* (5), *Centaurea aplolepa* subsp. *subciliata* (7), *Cerastium ligusticum* (8), *Cutandia maritima* (11), *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa* (13), *Eryngium maritimum* (16), *Euphorbia peplis* (9), *Hypochaeris radicata* (19), *Kali tragus* (35), *Lotus hirsutus* (22), *Medicago marina* (24), *Odontites lutea* (25),

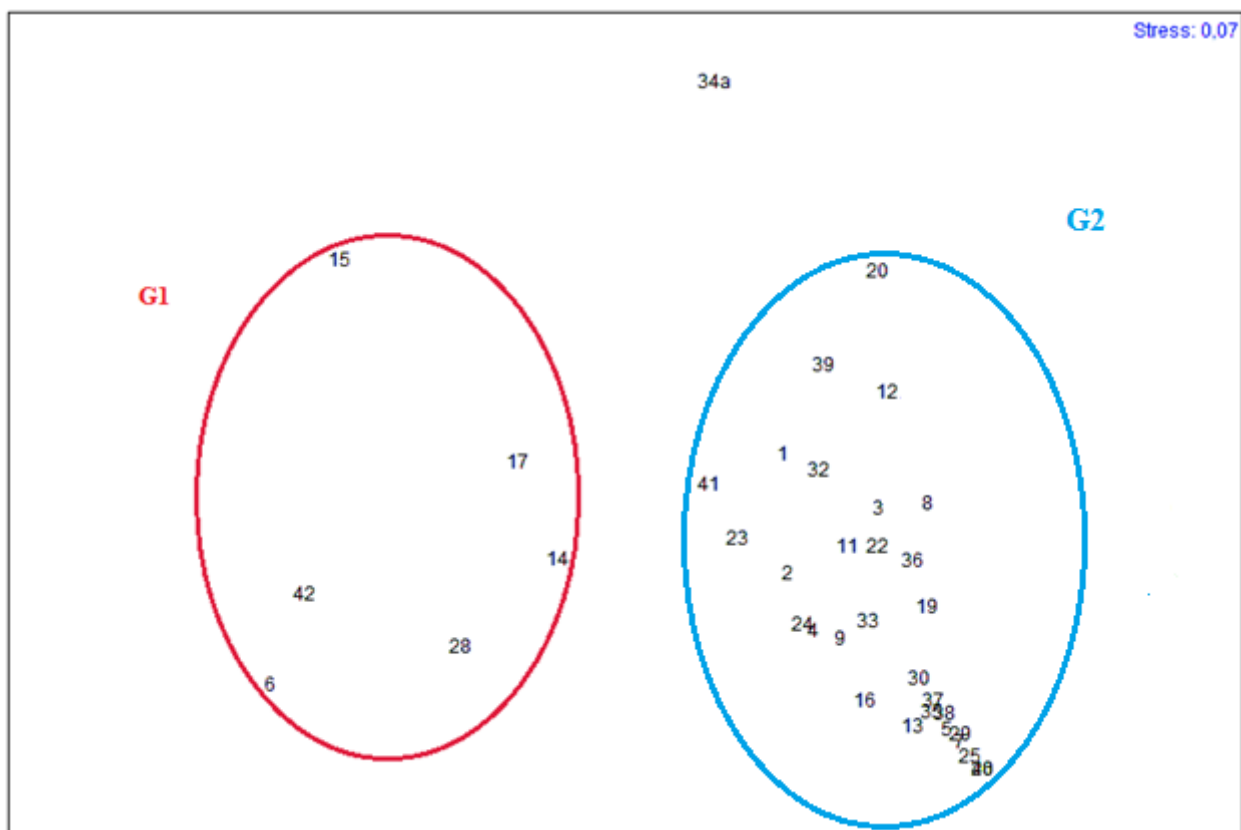
*Oenothera biennis* (26), *Plantago coronopus* (29), *Polygonum maritimum* (30), *Raphanus raphanistrum subsp. landra* (33), *Silene canescens* (36), *Silene otites* (37), *Solidago litoralis* (38), *Verbascum sinuatum* (40).

Rimangono fuori dai tre cluster principali *Reichardia picroides* con la tipologia dei frutti neri (34a) e *Lagurus ovatus* (20).

**Tabella 3.18** Media e deviazione standard dei caratteri funzionali studiati per ciascun gruppo identificato dalla cluster analysis (**Fig. 3.18**). Abbreviazioni: IF = indice di forma , PF= peso fresco (mg), CI = contenuto idrico (%), CO = contenuto in oli (%).

	N° di unità di dispersione/ramet	IF	PF (mg)	CI (%)	CO (%)
Gruppo 1	32.00 ± 18.68	0.11 ± 0.09	31.63 ± 21.05	7.78 ± 1.69	0.27 ± 0.16
Gruppo 2	93.63 ± 20.24	0.14 ± 0.07	1.40 ± 1.09	9.27 ± 3.70	1.73 ± 1.53
Gruppo 3	5755.47 ± 14589.05	0.12 ± 0.08	2.50 ± 4.14	8.31 ± 2.97	1.07 ± 1.26

Analizzando i dati riportati in **Tabella 3.18**, si può notare una netta distinzione del primo gruppo dagli altri 2 gruppi per i diversi caratteri studiati. Infatti, esso è caratterizzato dal valore più basso di unità di dispersione/ramet, dal valore più elevato di peso fresco, da valori di indice di forma, contenuto idrico e contenuto in oli più bassi rispetto a quelli degli altri 2 gruppi. Il secondo gruppo è caratterizzato da una produzione media delle unità di dispersione relativamente bassa, dal valore più basso di peso fresco, dai valori più elevati di contenuto idrico e in oli. Infine, il terzo gruppo (con il maggior numero di specie) si distingue per il numero di unità di dispersione prodotte che risulta essere il più elevato.

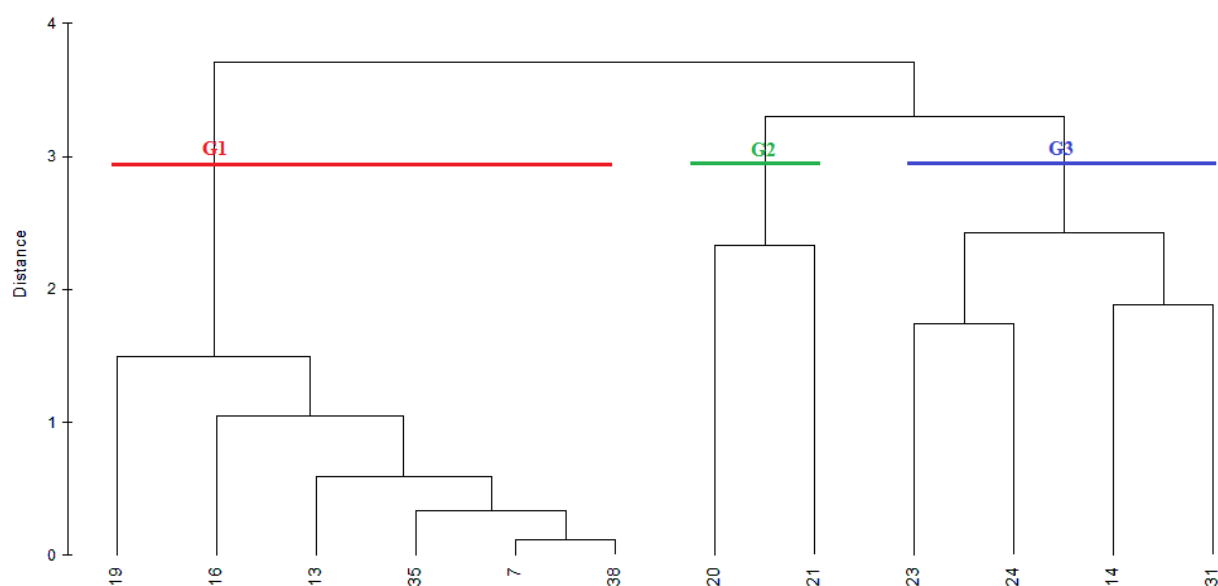


**Figura 3.19.** Grafico ottenuto dall'analisi NMDS applicata alla matrice specie x caratteri delle unità di dispersione senza appendici dopo la standardizzazione dei dati, trasformazione quadratica e usando la distanza euclidea come coefficiente di similarità. I numeri delle specie nel dendrogramma corrispondono ai numeri utilizzati nella **Tabella 3.16**.

La rappresentazione grafica dell'NMDS individua due grandi gruppi: G1 che conferma i risultati ottenuti precedentemente dalla cluster analysis, e G2 che ingloba i cluster 2 e 3 ottenuti dalla cluster analysis, mentre viene confermata la posizione isolata di *Reichardia picroides* (34a).



### 3.7.2 ANALISI DELLE UNITÀ DI DISPERSIONE CON APPENDICI



**Figura 3.20.** Dendrogramma ottenuto dalla cluster analysis della matrice specie x unità di dispersione con appendici dopo la standardizzazione dei dati e usando la distanza euclidea come coefficiente di similarità. I numeri delle specie nel dendrogramma corrispondono ai numeri utilizzati nella **Tabella 3.17**.

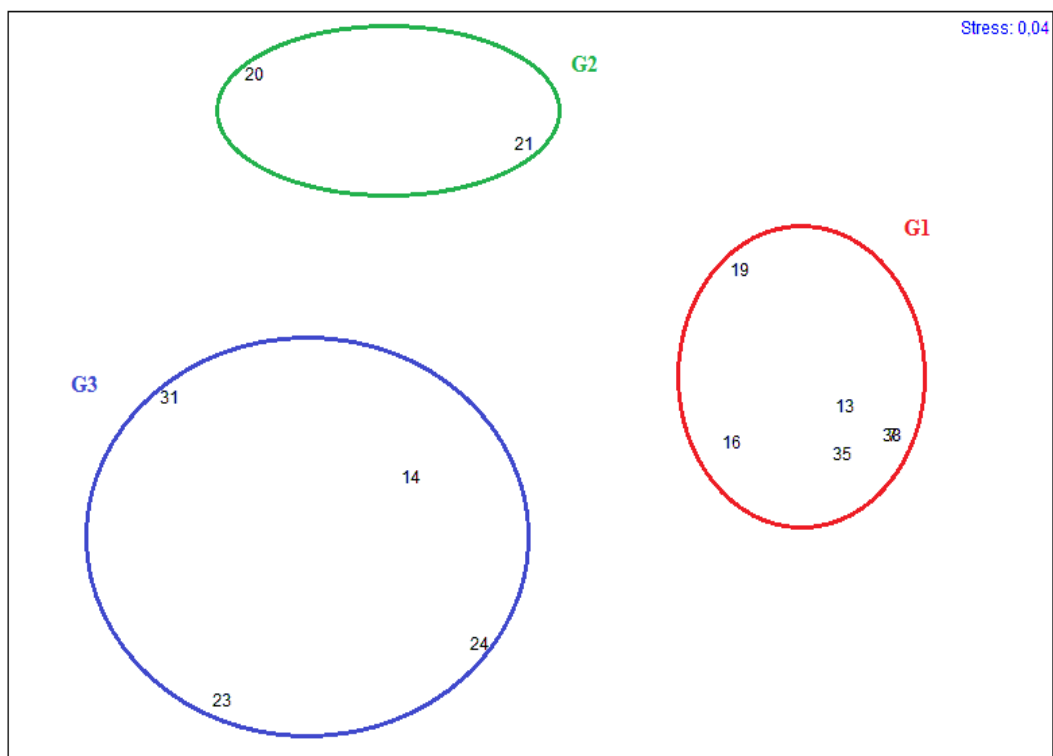
La cluster analysis della matrice specie x unità di dispersione con appendici ha messo in evidenza 3 gruppi (**Fig. 3.20**):

- Il primo gruppo è composto da *Centaurea aplolepa* subsp. *subciliata* (7), *Dittrichia viscosa* subsp. *viscosa* (13), *Eryngium maritimum* (16), *Hypochaeris radicata* (19), *Kali tragus* (35) e *Solidago litoralis* (38).
- Il secondo gruppo è formato da *Lagurus ovatus* (20) e *Limbarda crithmoides* (21).
- Il terzo gruppo da *Echinophora spinosa* (14), *Medicago littoralis* (23), *Medicago marina* (24), e *Pseudorlaya pumila* (31).

**Tabella 3.19** Media e deviazione standard dei caratteri funzionali studiati per ciascun gruppo ottenuto con la cluster analysis. Abbreviazioni: IF = indice di forma, PF = peso fresco (mg), CI = contenuto idrico (%), CO = contenuto in oli (%).

	<b>N° di unità di dispersione/ramet</b>	<b>IF</b>	<b>PF (mg)</b>	<b>CI (%)</b>	<b>CO (%)</b>
Gruppo 1	1699.54 ± 1565.85	0.05 ± 0.04	4.93 ± 7.98	10.65 ± 7.92	1.99 ± 1.81
Gruppo 2	82.33 ± 69.77	0.12 ± 0.12	0.18 ± 0.12	20.23 ± 12.03	2.95 ± 2.12
Gruppo 3	33.79 ± 19.04	0.08 ± 0.09	27.75 ± 12.32	12.57 ± 7.46	0.57 ± 0.13

Analizzando i dati riportati in **Tabella 3.19**, si può notare nel primo gruppo una media della produzione delle unità di dispersione per ramet elevata ed una media del peso fresco relativamente bassa. Il terzo gruppo presenta una situazione opposta al primo gruppo, con un numero medio della produzione delle unità di dispersione/ramet bassa ed una media del peso fresco elevata. Il secondo gruppo, invece, presenta una produzione delle unità di dispersione intermedia, il valore più basso di peso fresco e più elevato di contenuto idrico.



**Figura 3.21.** Grafico ottenuto dall'analisi NMDS applicata alla matrice specie x unità di dispersione con appendici dopo la standardizzazione dei dati e usando la distanza euclidea come coefficiente di similarità. I numeri delle specie nel dendrogramma corrispondono ai numeri utilizzati nella **Tabella 3.17**.

Il coefficiente di stress è di 0.04.

In questo caso l'analisi NMDS (**Fig. 3.21**) concorda perfettamente con i raggruppamenti individuati dalla cluster analysis (**Fig. 3.20**).

#### 4. DISCUSSIONE

La produzione media delle unità di dispersione/ramet delle piante studiate durante questa tesi varia tra  $10 \pm 4.07$  e  $55581 \pm 58646$ . Nello studio di Shipley e al. (1992) che ha riguardato le piante erbacee del nord America la media dei semi prodotti per ramet varia tra 6 e 100000. I nostri dati riguardo la produzione media dei semi/ramet basata su un conteggio fatto su 6 ramet per specie presentano una produzione media massima minore a quella dei dati pubblicati in Shipley e al. (1992). Inoltre, la distribuzione di frequenze ha mostrato nel nostro caso che la maggior parte delle piante studiate hanno una produzione media dei semi compresa nell'intervallo 0 - 500 unità di dispersione per ramet.

La massa media delle unità di dispersione nelle specie studiate durante la tesi varia tra  $0.016 \text{ mg} \pm 0.0007$  e  $55.36 \text{ mg} \pm 1.65$ . Nello studio svolto da Cerabolini *et al.* (2003) su 259 specie alpine d'Italia, la massa dei semi varia tra 0.01 e 105.6 mg. Il maggior numero di specie con semi a massa elevata può dipendere da adattamenti specifici all'ambiente alpino e dal maggior numero di specie considerato Zhang (1996) sull'effetto del peso dei semi di *Cakile edentula*, una pianta annuale dell'ambiente dunale del lago Huron del sud ovest dell'Otranto in Canada, mostra che in condizioni controllate la dimensione della pianta è direttamente correlata al peso iniziale del seme, invece nell'ambiente naturale i semi più grandi permettono una germinazione più rapida e una crescita più veloce, molto importante in tale ambiente per la sopravvivenza della pianta. Il nostro studio ha riguardato diverse specie e si nota una certa variabilità intraspecifica nel peso delle unità di dispersione osservabile dalla deviazione standard delle unità di dispersione in **Tabella 3.4**. La deviazione standard è più elevata nel caso delle unità di dispersione con peso più elevato; questo, probabilmente, nel nostro caso, è dovuto al fatto che le repliche per le unità di dispersione con peso leggero, hanno un numero più grande di unità di dispersione/replica, numero che influisce nel calcolo della deviazione standard del peso medio della singola unità di dispersione. Per esempio, per *Verbascum sinuatum* che ha un peso leggero e con 1000 unità di dispersione/replica ha una media  $0.14 \text{ mg} \pm 0.00$ ; la  $Ds/media = 0.002$ ; invece, per *Xanthium orientale* subsp. *italicum*.  $55.36 \text{ mg} \pm 1.66$ , con  $Ds/media = 0.03$ . Inoltre, Westoby *et al.*, (1996) mostra che semi con maggiore massa riescono a germinare meglio di semi a minor massa soprattutto in condizioni ambientali difficili, basandosi su diversi articoli pubblicati in precedenza.

Jakobsson ed Eriksson (2000), in uno studio sulla correlazione tra il peso dei semi e il numero di semi prodotti per ramet, riguardo 72 specie erbacee del sud-est della Svezia in un ambiente semi-naturale, hanno notato una correlazione negativa tra il numero di semi prodotti e il peso medio dei semi. Questi risultati concordano con i risultati ottenuti nel presente lavoro di tesi per le unità di

dispersione senza appendici (**Tabella 3.18**). Infatti, il primo gruppo funzionale ha una media di produzione delle unità di dispersione bassa  $32.00 \pm 18.68$  ed un peso fresco elevato  $31.63 \text{ mg} \pm 21.05$ . Questo gruppo è costituito da specie che si sviluppano sulle dune embrionali o mobili, una zona dove la sopravvivenza delle piante è resa più difficile a causa delle escursioni marine, dell'aerosol salino, della scarsità di risorse idriche, etc. Il terzo gruppo funzionale, invece, ha un comportamento diametralmente opposto con una media della produzione di unità di dispersione elevata  $5755.47 \pm 14589.05$  ed una media del peso fresco bassa  $2.50 \pm 4.14$ . Le specie appartenenti a questo gruppo sono tipiche dell'area retrodunale dove le condizioni ambientali sono meno limitanti.

L'indice di forma e la massa delle unità di dispersione sono molto importanti per la stima della persistenza nella banca semi del suolo. In certi casi, però, non sembrano in grado di rispecchiare la realtà. Infatti, unità di dispersione che hanno un pappo, rappresentati in **Fig. 3.13** con i numeri 7, 10, 13, 18, 19, 21, 38, sono incluse nel limite suggerito da Thompson (1993). Questi frutti, che hanno una massa bassa e una forma non sferica, presentano, comunque, un indice di forma molto basso, a causa della presenza di appendici, la cui dimensione generalmente riduce l'indice di forma a valori tipici di semi sub-sferici, anche nei casi in cui l'unità di dispersione privata di appendice sia allungata. Per interpretare questa discrepanza tra indice di forma e forma dell'unità di dispersione occorre tenere conto, in alcuni casi, che le appendici sono facilmente staccabili dal resto dell'unità di dispersione. Cerabolini *et al.* (2003) hanno ipotizzato come la persistenza reale di certi semi o frutti potrebbe essere più lunga o meno di quella stimata a seconda del distacco di alcune parti dell'unità di dispersione, come il becco lungo di un seme, prima della fase di sepoltura. È importante notare che gli studi per i quali è stata stimata la persistenza nella banca semi del suolo sono stati effettuati in ambienti diversi da quello delle dune costiere, per cui la stima della persistenza può essere influenzata da altri fattori dovuti alla natura dell'ambiente.

La variabilità dell'indice di forma dei semi studiati in questa tesi riguardo le unità di dispersione di 42 specie varia tra 0.01 e 0.28, mentre nel lavoro svolto da Cerabolini *et al.* (2003) per le piante dell'habitat alpino in Italia, svolto sui semi di 259 specie, l'indice di forma varia tra 0.001 e 0.33. Quindi, i semi studiati nel nostro caso hanno presentato una variabilità dell'indice di forma minore a quello trovato nello studio di Cerabolini *et al.* (2003), probabilmente a causa del numero minore di specie studiate o anche a causa delle caratteristiche di ambienti diversi. Leishman e Westoby (1998) hanno messo in evidenza come il peso e l'indice di forma dei semi di diverse specie dell'Australia non sono correlati alla persistenza nel suolo come, invece, hanno dimostrato Thompson e collaboratori (1993) per le specie del Regno Unito. Quindi, visto che nel nostro caso lo studio è stato condotto su specie di un ambiente diverso (nelle dune costiere i semi sono facilmente ricoperti



dalla sabbia, vi è scarsità di risorse idriche, etc.), è opportuna un'ulteriore verifica della reale correlazione tra persistenza dei semi nella banca del suolo e l'indice di forma e il peso dei semi.

Nelle specie psammofile studiate nel presente lavoro di tesi, il contenuto idrico nelle unità di dispersione varia tra 0.58 % e 15.42 %, mentre il contenuto in oli varia tra 0% nel caso di *Ononis variegata* e 4.4 % nel caso di *Silene canescens*. Nello studio di Levin (1974) sul contenuto in oli dei semi di diverse specie provenienti da ambienti e da diverse tipi di vegetazione, il contenuto in oli varia da 0.04 % in alcune Aizoaceae fino ad una percentuale del 62.50 % e 64 %, rispettivamente in alcune alcuni Theaceae ed alcuni Juglandaceae. Nello stesso studio la media del contenuto in oli per le piante erbacee delle zone temperate  $5.72 \pm 0.025$ .

## 5. CONCLUSIONI

- Nonostante alcune differenze nella distribuzione di frequenze di ciascuna variabile per le unità di dispersione delle specie studiate, si può osservare un andamento generale. Per la produzione media delle unità di dispersione per ramet l'intervallo compreso tra 4 e 1000 include oltre il 75% della distribuzione di frequenze totale, l'indice di forma ha una distribuzione neutra. Il peso fresco medio delle unità di dispersione senza appendici presenta più del 75 % della distribuzione di frequenze tra 0.016 e 5 mg, il contenuto idrico più del 70 % della distribuzione tra il 4 e il 12 % e il contenuto in oli presenta più del 75 % della distribuzione di frequenze tra lo 0 e l'1.5 %.
- L'indice di forma con la massa sembrano dei buoni stimatori della persistenza nella banca semi del suolo, ma i risultati e i limiti di persistenza suggeriti per altre zone possono essere diverse da quelli della zona di studio e delle popolazioni studiate. Soprattutto si deve tenere conto della natura del sedimento dell'ambiente dunale, costituito da substrato incoerente facilmente spostato dal vento o dalle mareggiate frequenti nella zona di studio.
- L'analisi multivariata tramite cluster analysis e NMDS dei caratteri riproduttivi delle piante psammofile ha permesso di identificare 3 gruppi per le unità di dispersione senza le appendici. Un gruppo funzionale con le unità di dispersione grandi e prodotte in piccoli numeri, costituito essenzialmente da specie delle dune embrionali o mobili, sottoposte a condizioni di maggiore stress per la sopravvivenza. Un secondo gruppo funzionale, più numeroso ed eterogeneo, con caratteri riproduttivi intermedi tra gli altri due gruppi e composto da specie che possono trovarsi a diverse distanze dalla linea di riva. Infine, un terzo gruppo funzionale con una produzione elevata delle unità di dispersione e un peso fresco basso, formato da specie tipiche del retro-duna vivono in condizioni ambientali meno limitanti.
- Per le unità di dispersione con appendici abbiamo identificato 3 gruppi funzionali che differiscono soprattutto per il numero di unità prodotte/ramet e per il peso fresco. Non vengono fatte particolari considerazioni visto che tali gruppi sono rappresentati da poche specie.
- Per le indagini future, si prevede di aumentare il numero dei caratteri funzionali e delle specie psammofile con l'obiettivo di chiarire maggiormente la relazione tra queste piante e l'ambiente dunale.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Audisio, P., Muscio, G. (2002) “Aspetti geologici e geomorfologici. Dune e spiagge sabbiose. Ambiente fra terra e mare” Museo friulano di storia naturale, Udine, 11-22.
2. Baumler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S. M., & Riccobene, I. C. (2006) Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. *Journal of Food Engineering*, 72(2), 134–140.
3. Biondi, E. (2009) Habitat terrestri e d’acqua dolce: vegetazione. Gli habitat italiani *Espressione della biodiversità*, 47-88.
4. Cerabolini, B., Ceriani, R.M., Caccianiga, M., De Andreis, R., Raimondi, B., (2003) Seed size, shape and persistence in soil: a test on Italian flora from Alps to Mediterranean coasts. *Seed Science Research* **13**, 75–85.
5. Ciccarelli, D., Garbari, F., Bedini, G., (2009) Plant Functional Types in Tuscan coastal dunes. *Flora Mediterranea* 19, 199-206.
6. Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., iaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Steege, H. T., Morgan, H. D., Van der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., Poorter, H., (2003) A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51, 335-380.
7. Garcia-Mora, M.R., Gallego-Fernández, J.B., Garcia-Novo, F. (2000) Plant Diversity as a Suitable Tool for Coastal Dune Vulnerability Assessment. *Journal of Coastal Research*, 16, 4, 990-995.
8. Harper, J.L., White, J. (1974) The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 419–463.
9. Hodgson, J.G., Wilson, P.J., Hunt, R., Grime, J.P. & Thompson, K. (1999) Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85, 282-294.
10. Izzi, C.F., Acosta, A., Carranza, M.L., Ciaschetti, G., Conti, F., Di Martino, L., D’Orazio, G., Frattaroli, A., Pirone G., Stanisci, A. (2007) Il censimento della flora vascolare degli ambienti dunali costieri dell’Italia centrale. *Fitosociologia*. 44 (1): 129-137.
11. Jakobsson A, Eriksson . (2000) A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos* 88:494-502
12. Lee, T. D. (1988) Patterns of fruit and seed production. *Plant reproductive biology*. Oxford University Press, 179-202

13. Leishman, M.R. et Westoby, M. (1998) Seed size and shape are not related to persistence in soil in Australia in the same way as in Britain. *Funct. Ecol.* 12: 480-485
14. Levin, D. A. (1974) The Oil Content of Seeds: An Ecological Perspective. *The American Naturalist* 108, 960, 193-206
15. Martínez, M.L. , Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., Landgrave, R. (2007) The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological economics*, 36, 254-272.
16. Pakeman, R., et al. (2008) Impact of abundance weighting on the response of seed traits to climate and land use. *Journal of Ecology* 96:355-366.
17. Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaguiberryure, P., Bret-Harte, M. S., Cornwell, W. K. Craine, J. M., Gurvich, D. E., Urcela, C., Veneklaas, E. J., Reich, P. B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J. G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J. G., Thompson, K., Morgan, H. D., ter Steege, H., van der Heijden, M. G. A., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S., Cornelissen, G.H.C. (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61, 167–234.
18. Pignatti, S. (2002) La vegetazione delle spiagge, Dune e spiagge sabbiose. Ambiente fra terra e mare. Museo friulano di storia naturale, Udine, 43-62.
19. Pignatti, S. (1982) Flora d'Italia. Bologna, Edagricole.
20. Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., Larinde, M. (2006) Manual of Seed handling in Genebanks. H andbooks for Genebanks No. 8. Biodiversity international, Rome, Italy.
21. Rapetti, F. (2003) Il clima. In: AA. VV., Atlante tematico della Provincia di Pisa. – Pisa
22. Scrosati, R. (2002). An updated definition of genet applicable to clonal seaweeds, bryophytes, and vascular plants. *Basic Applied Ecology* 3, 97–99.
23. Shipley, B., Diom, J. (1992) The allometry of seed production in herbaceous angiosperms. *The American Naturalist* 139, 467-483.
24. Stevenson, A. G. (1981) Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12:253-279.
25. Thompson, K., Band, S.R. and Hodgson, J.G. (1993) Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* 7, 236–241.
26. Vagge, I., Biondi, E. (1999) La vegetazione delle coste sabbiose del Tirreno settentrionale italiano *Fitosociologia* 36: 61-95.

27. Westoby M, Leishman M, Lord J. (1996) Comparative ecology of seed size and dispersal. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B* 351: 1309-1318
28. Zhang J. (1996) Seed mass effects across environments in an annual dune plant. *Annals of Botany* 77, 555-563.